



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

Tratamento de Efluentes da Truticultura na Serra da Mantiqueira

Mariana Torres Lima

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheira.

Orientador: Isaac Volschan Jr.

Rio de Janeiro

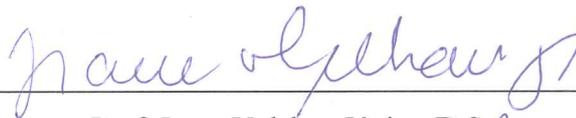
Setembro de 2016

TRATAMENTO DE EFLUENTES DA TRUTICULTURA NA SERRA DA
MANTIQUEIRA

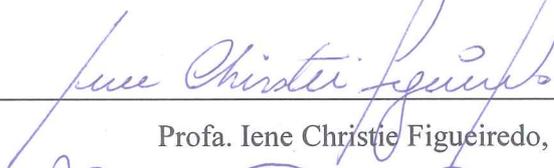
Mariana Torres Lima

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO CURSO
DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
ENGENHEIRA AMBIENTAL.

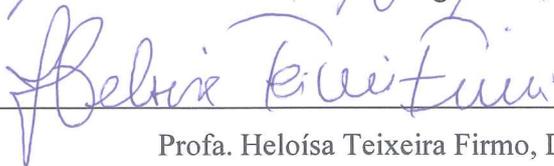
Examinada por:



Prof. Isaac Volshan Júnior, D.Sc.



Profa. Iene Christie Figueiredo, D.Sc.



Profa. Heloísa Teixeira Firmo, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

SETEMBRO de 2016

Lima, Mariana Torres

Tratamento de Efluentes da Truticultura na Serra da Mantiqueira/Mariana Torres Lima. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2016.

X, 122 p.; Il.; 29,7 cm.

Orientador: Isaac Volschan Jr.

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Ambiental, 2016.

Referências Bibliográficas: p. 113-122.

1. Efluentes. 2. Tratamento de Efluentes. 3. Poluição de Recursos Hídricos 4. Monitoramento Ambiental. 5. Truta Arco-íris. 6. Truticultura. 7. Aquicultura. 8. Serra da Mantiqueira.

I. Volschan Jr., Isaac II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. III. Tratamento de Efluentes da Truticultura na Serra da Mantiqueira.

Dedicatória

Às Terras Altas da Serra da Mantiqueira, que despertaram em mim a grandeza e completude da natureza.

Agradecimentos

A realização deste trabalho não seria possível sem a colaboração de inúmeras pessoas, que direta ou indiretamente participaram com pequenas e grandes contribuições, porém, igualmente valiosas.

Primeiramente agradeço aos empreendedores do Trutas da Lapa, Osmário, Adevaldo, Leandro e João, pela atenção e dedicação, e por terem me dado a oportunidade de colocar em prática os conceitos e técnicas aprendidos durante a graduação.

Em segundo lugar, à minha querida família, que sempre me deu a base para superar os desafios e alcançar o sucesso nas minhas metas e a felicidade na vida, cada um dando o melhor de si para que eu pudesse chegar até aqui. Minha mãe, grande amiga, agradeço pela liberdade e poder de escolha, estando sempre ao meu lado para me dar a mão ou puxar minha orelha caso necessário; Meu irmão pelas incríveis recordações da infância e parceria nos dias atuais e; Meu Pai, que através do exemplo me apresentou a essência da Engenharia.

Aos meus queridos amigos da UFRJ que fizeram extraordinários os anos passados, compartilhando comigo todas as etapas da vida universitária: trote, mangues, churrascos desde caloura até formanda, choppadas, jogos e, agora, a formatura. Minhas parceiras AMB GIRLS: Gabi, Dani e, principalmente, Luiza, Bibi e Rachel, que me aturaram desde 2011 fazendo trabalhos em cima do prazo e estudando um dia antes da prova. Sem sua generosidade, atenção, amizade, suporte emocional e acadêmico, o caminho até aqui teria sido muito mais tortuoso. Amigos de BD: Amauri, Potter, Lucas, Mac Loving, Gabriel, Bael, Gay, Noah, Vice, Dudu, Dário, Marcelo, José, Sheid, Leozinho, Leo Jorge, Henrique e outros. E Mulekada: Juju, Rerê, Lui, Fepa, Marcão, Younes e Vaks.

Nossos momentos juntos serão sempre lembrados com muito carinho e nostalgia. Foi ÉPICO!

Um agradecimento especial à Maria Cristina, Darlise e Cida, do LEMA, ao Professor Isaac e Professora Iene pelo conhecimento, atenção e apoio desprendidos durante a realização deste trabalho.

E em último e mais importante, à UFRJ, pelas oportunidades de ter aprendido dos melhores professores e realizado o sonho de morar no exterior, por ter ampliado minha visão de mundo e sociedade, e ter me tornado uma ENGENHEIRA!

RESUMO

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheira Ambiental.

TRATAMENTO DE EFLUENTES DA TRUTICULTURA NA SERRA DA MANTIQUEIRA

Mariana Torres Lima

Setembro/2016

Orientador: Isaac Volschan Júnior

Curso: Engenharia Ambiental

A truticultura na Serra da Mantiqueira se configura como uma alternativa de atividade econômica para a população rural, estando relacionada ao aumento de renda e melhora de qualidade de vida. No entanto, os impactos positivos desta atividade, sociais e econômicos, devem ser contrapostos com os potenciais impactos ambientais negativos. A descarga de efluentes brutos em fluxo contínuo com concentrações aumentadas de matéria orgânica, sólidos e nutrientes em corpos d'água de alto valor ambiental, torna a atividade potencialmente poluidora do meio ambiente. No sentido de contribuir para a exploração sustentável dos recursos hídricos na Serra da Mantiqueira, neste Trabalho foi definido como objeto de estudo um empreendimento de criação de trutas denominado Trutas da Lapa, para o qual foi desenvolvido um projeto de sistema de tratamento de efluentes. O sistema contemplou ambos os tratamentos físico e biológico do efluente, através de estruturas de decantação, filtração e wetland. No primeiro momento, foi construído o Tanque de Decantação projetado, considerando a premissa de implantação em etapas do sistema. O monitoramento ambiental realizado através de análises físico-químicas de qualidade da água possibilitou a avaliação do Tanque de Decantação, pela determinação de sua eficiência de remoção de poluentes, a caracterização dos efluentes da truticultura e o impacto da descarga em seu corpo hídrico receptor. Os resultados do monitoramento ambiental indicaram que o Tanque de Decantação implantado foi eficaz no tratamento físico do efluente; o efluente descartado no Córrego Brejo da Lapa está de acordo com os padrões de lançamento de efluentes; o Córrego Brejo da Lapa, após o descarte do efluente tratado, está enquadrado nos parâmetros de qualidade de corpos hídricos Classe 2, com exceção do parâmetro fósforo total. Conclui-se, portanto, que o efluente da truticultura Trutas da Lapa apresenta baixo potencial de impacto na qualidade da água do Córrego Brejo da Lapa, desde que adotados mecanismos de controle de poluição.

Palavras-chave: efluentes, tratamento de efluentes, poluição de recursos hídricos, monitoramento ambiental, truta arco-íris, truticultura, aquicultura, Serra da Mantiqueira.

ABSTRACT

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

TREATMENT OF TROUT FARM EFFLUENTS IN SERRA DA MANTIQUEIRA

Mariana Torres Lima

September/2016

Advisor: Isaac Volschan Júnior

Course: Environmental Engineering

Rainbow trout farming in Serra da Mantiqueira represents an alternative of economical activity for rural population, being related to income generation and the improvement of life quality. However, social and economical positive impacts of this activity must be considered altogether with the potential negative environmental impacts. The discharge of raw effluents with enhanced concentrations of organic matter, solids and nutrients on high environmental value water bodies may have serious impacts on the environment. In order to contribute to the sustainable exploitation of the water resources of Serra da Mantiqueira, this paper defined as study object a small-scale trout farm called Trutas da Lapa, for which an effluent treatment system was developed. The project included both physical and biological treatment of the effluent through settle, filtration and wetland structures. Firstly, the settle tank project was built, considering the assumption that the effluent treatment system would be implemented in steps. The environmental monitoring program, carried out by physical and chemical analysis of water quality, provided data to the evaluation of the settle tank, by the determination of its efficiency on removal of pollutants, characterization of the effluent and the impact of its discharge on the receiving stream. The results of the monitoring program indicated that the settle tank built is effective on the physical treatment of the effluent; the treated effluent is in agreement with the standards for its discharge; the Brejo da Lapa stream is within the water quality standards for Class 2 water bodies, after the effluent discharge. In conclusion, the effluent of the trout farm Trutas da Lapa shows low potential environmental impact on the water quality of Brejo da Lapa stream, as long as pollution control system and mechanisms are implemented.

Keywords: Effluent, Effluent treatment, water pollution, environmental monitoring, rainbow trout farming, aquaculture, Serra da Mantiqueira.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS.....	XII
LISTA DE ANEXOS	XIII
LISTA DE ABREVIACÕES	XIV
1. APRESENTAÇÃO	15
1.1. Introdução.....	15
1.2. Objetivo	17
1.3. Estrutura do Trabalho	17
2. CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	19
2.1. Criação de Trutas na Serra da Mantiqueira	19
2.2. Empreendimento Trutas da Lapa.....	22
2.3. Características Ambientais da Região	26
2.4. Legislação Ambiental Aplicável.....	31
2.4.1. Âmbito Federal	31
2.4.2. Âmbito Estadual	39
2.5. Impacto Ambiental: O Efluente.....	45
3. ESTUDO DE CONCEPÇÃO	49
3.1. Referencial Teórico	49
3.1.1. Cartilha “Boas Práticas na Truticultura”	49
3.1.2. Guia “Small-Scale rainbow trout farming”	51
3.1.3. Artigo “Treatment of rainbow trout effluents in constructed wetlands with emergent plants and subsurface horizontal water flow”	54
3.2. Vazão de Projeto.....	57
3.2.1. Metodologia.....	57
3.2.2. Resultados.....	57
3.3. Projeto do Sistema de Tratamento de Efluentes	58
3.3.1. Premissas do Projeto.....	62
3.3.1. Disposição das Estruturas	62
3.3.2. Estruturas de Tratamento.....	63
3.3.2.1. Tanque de Decantação Conceitual.....	63
3.3.2.2. Tanque de Decantação	71

3.3.2.3. Filtro Anaeróbico	74
3.3.2.4. Wetland	76
4. PROJETO IMPLANTADO	79
5. AVALIAÇÃO.....	84
5.1. Metodologia.....	84
5.1.1. Parâmetros e Periodicidade	84
5.1.2. Pontos de Amostragem.....	90
5.1.3. Eficiência de Tratamento.....	91
5.2. Resultados e Discussão.....	91
5.2.1. Tratamento do Efluente	92
5.2.2. Qualidade da Água do Corpo Hídrico Receptor.....	104
6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do Empreendimento. Fonte: Google Maps, 2016.....	22
Figura 2: Obras de implantação do empreendimento Trutas da Lapa.....	23
Figura 3: Esquemático do sistema de produção de trutas do empreendimento Trutas da Lapa.....	23
Figura 4: Barragem para Captação de Água no Córrego Brejo da Lapa.....	24
Figura 5: Tanques circulares para a produção de trutas.....	25
Figura 6: Lagoa de Decantação existente no local.....	25
Figura 7: Localização do PARNA do Itatiaia com os municípios limítrofes, no bioma Mata Atlântica e no mosaico da Mantiqueira. Fonte: Tomzhinski, 2012.....	27
Figura 8: Bacias Hidrográficas da Região do Parque Nacional de Itatiaia. Fonte: ICMBio, 2012.....	28
Figura 9: Unidades de Gestão Hídrica (UGHs) da Bacia do Rio Grande. Fonte: ANA, 2015.....	29
Figura 10: Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande. Fonte: IGAM, 2010.....	30
Figura 11: Classes de uso do solo diferenciadas pela diversa cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Rio Aiuruoca. Fonte: Viola et al., 2009.....	31
Figura 12: Fluxo de nutrientes em truticultura intensiva durante período de 3 meses – unidade kg/período. (A) Nitrogênio Total (B) Fósforo Total. Fonte: Adaptado de MORAES et al. (2016).....	47
Figura 13: Esquema ilustrativo: Lagoa de Decantação. Fonte: TABATA e DA SILVA, 2012.....	50
Figura 14: Lagoa de Decantação. Fonte: Fonte: TABATA e DA SILVA, 2012.....	50
Figura 15: Tanques de Sedimentação – 1. Decantador retangular com telas para filtração 2. Hidrociclone aberto ou centrífuga 3. Decantador de fluxo radial. Fonte: Adaptado de FAO, 2011.....	52
Figura 16: Filtros Biológicos – 1. Filtro biológico em tanque 2. Filtro composto em declive 3. Ciclone 4. Pedregulhos podem ser usados como filtro físico e biológico. Fonte: Adaptado de FAO, 2011.....	53
Figura 17: Wetland. 1. Unidade Produtora. 2. Filtro Mecânico (2.1. Efluente tratado fisicamente. 2.2. Lodo). Fonte: Adaptado de FAO, 2011.....	53
Figura 18: Design utilizado no estudo do sistema radicular do wetland construído com fluxo horizontal e plantas emergentes; substrato maior na entrada e saída para facilitar distribuição do efluente e drenagem do efluente tratado. Fonte: Adaptado de SCHULZ et al., 2003.....	56
Figura 19: Flocos presentes no efluente da truticultura Trutas da Lapa.....	60
Figura 20: Área pantanosa e lagoa de decantação (fora de operação).....	61
Figura 21: Esquemático representativo do Sistema de Tratamento de Efluentes.....	63
Figura 22: Esquemático das dimensões do Tanque de Decantação.....	64
Figura 25: Esquemático do Tanque de Decantação Conceitual (em planta).....	68
Figura 23: Esquemático do poço de acumulação de lodo.....	70
Figura 24: Esquemático da cortina distribuidora.....	70

Figura 26: Tanque chicanado (em planta).....	71
Figura 27: Esquemático do funcionamento do Filtro Anaeróbico (corte longitudinal). 75	
Figura 28: Sistema de Produção do Empreendimento Trutas da Lapa. Ao fundo, Tanque de Decantação e Filtro implantados no âmbito do Sistema de Tratamento de Efluentes.	79
Figura 29: Tanque de Decantação (TD).....	80
Figura 30: Vertedor do TD em operação.....	80
Figura 31: Canal e Seção de Entrada do Tanque de Decantação. (A) Não operante (B) Em operação.	81
Figura 32: Filtro Anaeróbio e Vertedor do TD (fora de operação).	82
Figura 33: Desvio do efluente tratado para a área pantanosa e Vista lateral da estrutura implantada (TD em associação ao Filtro Anaeróbico).	82
Figura 34: Desvio do efluente tratado para a área pantanosa.	83
Figura 35: Ponto de descarte do efluente tratado.	83
Figura 36: Amostras do monitoramento ambiental encaminhadas para análise.	85
Figura 37: Esquemático dos Pontos de Amostragem adotados no monitoramento ambiental.	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Condições e Padrões de lançamento relacionados ao efluente da truticultura. Fonte: Adaptado de CONAMA, 2011.....	35
Tabela 2: Porte do empreendimento aquícola. Fonte: Adaptado de CONAMA, 2009..	37
Tabela 3: Potencial de severidade das espécies. Fonte: Adaptado de CONAMA, 2009.	38
Tabela 4: Potencial de impacto ambiental. Fonte: Adaptado de CONAMA, 2009.....	38
Tabela 5: Condições e Padrões de lançamento relacionados ao efluente da truticultura. Fonte: Adaptado de COPAM/CERH-MG, 2011.....	42
Tabela 6: Determinação da classe do empreendimento a partir do potencial poluidor da atividade e do porte. Fonte: Adaptado de COPAM, 2004.....	43
Tabela 7: Determinação de potencial poluidor/degradador geral. Fonte: Adaptado de COPAM, 2004.....	43
Tabela 8: Distribuição das campanhas de monitoramento realizadas.	84
Tabela 9: Métodos utilizados nas análises laboratoriais dos parâmetros determinados e respectivas faixas de detecção. Em negrito, parâmetros selecionados para continuação do monitoramento, após primeira campanha.....	86
Tabela 11: Resultados obtidos para o parâmetro DQO.....	92
Tabela 12: Resultados obtidos para o parâmetro DBO.	93
Tabela 13: Resultados obtidos para os parâmetros Cor e Turbidez.	94
Tabela 14: Resultados obtidos para os parâmetros Nitrogênio Amoniacal e NTK.....	95
Tabela 15: Resultados obtidos para o parâmetro Ortofosfato.	97
Tabela 16: Resultados obtidos para o parâmetro pH.....	98
Tabela 17: Resultados obtidos para a Série de Sólidos (ST, SST, SDT)	98
Tabela 18: Resultados obtidos para o parâmetro Sólidos Sedimentáveis.	102

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Planta Tanque de Decantação e Filtro Anaeróbico

ANEXO 2: Planta de Adequação do Wetland

ANEXO 3: Laudos Laboratoriais.

LISTA DE ABREVIACÕES

APP: Área de Proteção Permanente;

BMP: *Best Management Practices* (em português, Boas Práticas de Gestão);

CAR: Cadastro Ambiental Rural;

CERH: Conselho Estadual de Recursos Hídricos;

CNRH: Conselho Nacional de Recursos Hídricos;

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente;

COPAM: Conselho Estadual de Política Ambiental;

CTF: Cadastro Técnico Federal;

DAIA: Documento Autorizativo para Intervenção Ambiental;

DBO: Demanda Biológica de Oxigênio;

DN: Deliberação Normativa;

DNC: Deliberação Normativa Conjunta;

DQO: Demanda Bioquímica de Oxigênio;

EMATER: Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais;

FAO: *Fisheries and Aquaculture Organization*;

LEMA: Laboratório de Engenharia do Meio Ambiente;

ICMBio: Instituto Chico Mendes de Biodiversidade;

IEF: Instituto Estadual de Florestas;

IGAM: Instituto Mineiro de Gestão das Águas;

PVC: Policloreto de Polivinila;

RGP: Registro Geral de Pesca;

SEGRH: Sistema Estadual de Gestão de Recursos Hídricos;

SEMAD: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável;

ST: Sólidos Totais;

SDT: Sólido Dissolvidos Totais;

SST: Sólidos Suspensos Totais;

TAS: Taxa de Aplicação Superficial;

TD: Tanque de Decantação;

UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro;

UGH: Unidade de Gestão Hídrica.

1. APRESENTAÇÃO

1.1. Introdução

A truticultura é uma modalidade da aquicultura, que consiste na criação de trutas em ambientes artificiais. A criação da truta arco-íris pode significar uma atividade de alto valor econômico agregado e ainda ser uma medida eficiente de preservação da natureza desde que o planejamento e as técnicas de manejo sejam adequados às realidades regionais.

A truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), peixe da família do salmão, originária do oeste da América do Norte, foi introduzida no Brasil na década de 50, por iniciativa do Ministério da Agricultura, com objetivo de oferecer alternativa de pescado para os moradores de beira-rio de regiões serranas, pobres em fauna aquática nativa. Esta espécie foi introduzida em ecossistemas naturais e se adaptou bem às regiões serranas do sul e sudeste. No Brasil, entre 2008 e 2010, houve um crescimento de 40% na produção de trutas em tanques. Foram produzidas 3660 toneladas de truta em 2008, 4381 tons em 2009 e 5122 tons em 2010 (BRASIL, 2012). Por ser uma espécie de alto valor agregado, a criação de trutas em tanques passou a ser uma alternativa de renda para comunidades rurais de regiões serranas.

A qualidade da água é considerada um dos fatores principais na criação de peixes (ASSAD; BURSZTYN, 2000), o que acaba por limitar as localidades passíveis de implantação de empreendimentos de piscicultura. No caso específico das trutas, para uma criação ser lucrativa, é necessária grande quantidade de água corrente de baixa temperatura e de boa qualidade, que é disponível, em sua grande parte, em regiões montanhosas. No entanto, a maioria destas regiões são localizadas em áreas de preservação ambiental com rios de primeira ordem, caracterizados por baixa vazão, baixa concentração de nutrientes e maior vulnerabilidade a distúrbios externos.

Dentro deste contexto, a Serra da Mantiqueira apresenta todas as condições hidrográficas, topográficas e climáticas para a criação da truta arco-íris. Região caracterizada por seus extensos recursos naturais e altas altitudes, apresenta grande parte

da população vivendo na zona rural. No entanto, a porcentagem da população rural vem diminuindo devido à falta de oportunidade e empregos, dentre outros fatores.

Considerando o exposto acima, a utilização dos recursos hídricos para a criação de trutas na Serra da Mantiqueira é uma possibilidade de geração de renda e empregos diretamente, através da produção de pescado, e indiretamente, através do turismo do tipo “Pesque e Pague”, restaurantes temáticos e serviços relacionados. Esta observação está de acordo com o manejo integrado dos recursos hídricos, baseado na percepção da água como parte integrante do ecossistema, que além de recurso natural é um bem econômico e social, cuja quantidade e qualidade adequada determinam a natureza de sua utilização.

No entanto, além dos diversos impactos positivos desta atividade, sociais e econômicos, devemos considerar também os impactos negativos. A criação intensiva de trutas é uma atividade potencialmente poluidora do ambiente (WOYNAROVICH *et al.*, 2011). PHILLIPS *et al.* (1991) considera que o maior impacto na utilização da água pela aquicultura é sobre a qualidade da água dos corpos hídricos receptores dos efluentes da atividade. As principais fontes poluentes do ambiente aquático são as rações e metabólitos dos peixes que apresentam altos teores de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo (MEDEIROS, 2002), levando ao risco de eutrofização e assoreamento de corpos d'água.

A água deve ser protegida, levando-se em conta o funcionamento dos ecossistemas aquáticos e a perenidade do recurso, a fim de satisfazer e conciliar as necessidades humanas atuais e futuras. De forma a reduzir ou até anular a poluição ambiental, é necessária devida atenção aos métodos de produção e às consequências ambientais do processo produtivo implementado. No entanto, por estarem, geralmente, associados a pequenos empreendimentos rurais localizados em áreas reclusas, os impactos da criação de trutas em recursos hídricos não são muito estudados e conhecidos. Dessa maneira, os procedimentos de regulação, controle e monitoramento dos impactos ambientais de empreendimentos de truticultura não são bem estabelecidos.

Diante do aumento do número de truticulturas no Brasil e na Serra da Mantiqueira, na sua maioria sem acompanhamento técnico, há uma necessidade da elaboração de projetos de estruturas de tratamento dos efluentes advindos dessa atividade, que levem em consideração as especificidades do efluente e da região onde os empreendimentos

são localizados. Além disso, é necessário o acompanhamento da qualidade da água dos corpos receptores destes efluentes de forma a avaliar o impacto ambiental das atividades de truticultura.

1.2. Objetivo

Este Trabalho tem como objetivo geral contribuir para o planejamento e preservação dos recursos naturais da Serra da Mantiqueira, de forma, a garantir a exploração sustentável dos recursos hídricos na atividade de truticultura.

Especificamente, este Trabalho objetiva reduzir o potencial impacto ambiental dos efluentes de um empreendimento rural de criação de trutas na Serra da Mantiqueira através da (i) implantação de um sistema de tratamento de efluentes, (ii) avaliação de sua efetividade de tratamento e (iii) avaliação de impacto na qualidade da água do corpo hídrico receptor dos efluentes.

1.3. Estrutura do Trabalho

Este Trabalho foi dividido em cinco capítulos. O presente capítulo 1. Apresentação objetiva apresentar breve explanação sobre o tema Truticultura, os objetivos e estrutura do Trabalho. O capítulo 2. Caracterização do Objeto de Estudo, traz informações sobre a atividade da truticultura na Serra da Mantiqueira, sobre a truticultura Trutas da Lapa, empreendimento rural objeto de estudo do Projeto, sobre as características ambientais da região onde o empreendimento se encontra inserido e o levantamento da legislação ambiental pertinente à atividade da truticultura no Brasil e no Estado de Minas Gerais. No capítulo 3. Estudo de Concepção é apresentado o projeto do Sistema de Tratamento de Efluentes, em função do levantamento, com base na literatura especializada, de alternativas de sistemas de tratamento de efluentes da truticultura, visando estabelecer uma solução eficaz, tecnicamente viável. O capítulo 4. Projeto Implantado apresentará o projeto implantado no âmbito do Sistema de Tratamento de Efluentes do Empreendimento Trutas da Lapa. O capítulo 5. Avaliação traz as metodologias e resultados do monitoramento ambiental da qualidade da água, através do qual se objetiva avaliar a eficiência do sistema implantado, avaliar os impactos na qualidade da água no manancial receptor do efluente e verificar o atendimento da legislação

ambiental aplicável. Finalmente, o capítulo 6 apresenta as Conclusões e Recomendações do Trabalho.

2. CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

2.1. Criação de Trutas na Serra da Mantiqueira

A Serra da Mantiqueira é um conjunto de montanhas que se estende por São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. São, em média, 500 km de extensão de um maciço rochoso, tomada por terras altas com até 2.798 metros de altitude. A Serra da Mantiqueira integra o ecossistema da Mata Atlântica e Mata de Araucárias, apresentando manchas remanescentes dessas matas, bem como campos de altitudes em seus picos mais elevados.

Pela importância ambiental da região existem, na Serra da Mantiqueira, diversas unidades de conservação, como a APA da Serra da Mantiqueira e o Parque Nacional de Itatiaia. O Parque Nacional do Itatiaia foi o primeiro parque nacional criado no Brasil, fundado em junho de 1937, e abrange os municípios de Itatiaia e Resende, no estado do Rio de Janeiro, e Bocaina de Minas e Itamonte, em Minas Gerais, onde ficam aproximadamente 60% de seu território. Apresenta um relevo caracterizado por montanhas e elevações rochosas com seu ponto culminante, o Pico das Agulhas Negras. A área do Parque, de aproximadamente 28.000 hectares, abrange nascentes de 12 importantes bacias hidrográficas regionais, que drenam para duas bacias principais: a do rio Grande, afluente do rio Paraná, e a do rio Paraíba do Sul, de importância estratégica para o Rio de Janeiro.

Quanto a questões socioeconômicas, nas áreas rurais da Serra da Mantiqueira, as populações tradicionais ainda se dedicam à pecuária de pasto e à lavoura de subsistência, associadas à extração vegetal. As terras possuem muitas limitações para seu aproveitamento agrícola, principalmente em razão do relevo acidentado da serra, da baixa qualidade do solo, agravada pelo manejo inadequado, além de temperaturas baixas no inverno com a ocorrência frequente de geadas. Estes atores levam também a uma pastagem pouco produtiva e conseqüentemente a uma pecuária inexpressiva, que pouco contribui para a economia regional.

No meio urbano, a principal indústria presente na região é a de laticínios que beneficia o leite produzido pelos pequenos agricultores familiares. Cerca de 75% da população da

região reside na área urbana em municípios pequenos (IBGE, 2010). A falta de oportunidade e perspectiva no campo faz com que a parcela mais jovem e dinâmica da população emigre para os pólos urbanos regionais ou nacionais ou se ocupem em lavouras de caráter comercial ou em serviços na construção civil, serviços domésticos e artesanato ligado ao movimento turístico da região.

Devido ao alto valor ambiental da região da Serra da Mantiqueira, o caminho para o desenvolvimento terá de incorporar os conceitos de sustentabilidade, buscando o necessário equilíbrio entre economia, meio ambiente, sociedade e cultura. Os recursos naturais, principalmente recursos hídricos, devem ser utilizados de maneira sustentável, de forma a favorecer a fixação do homem no campo, com a possibilidade de novas práticas agrícolas, ambientais, econômicas e culturais.

Nesse cenário, a truticultura se propõe a ser alternativa de atividade econômica nas áreas rurais, através do uso parcial do solo e dos recursos hídricos, expandindo as possibilidades de geração de renda e emprego para toda a região, melhorando a qualidade de vida da população. A criação de trutas na Serra da Mantiqueira é considerada uma atividade de agricultura familiar, onde prevalece a mão de obra da própria família em pequenas propriedades. Apesar de alguns produtores venderem direto para o consumidor, 54% dos produtores de trutas vendem para intermediários (TABATA; DA SILVA, 2012).

A maioria das criações de truta da região sudeste se concentram na Serra Mantiqueira. O município de Itamonte, em Minas Gerais, se destaca neste cenário como 14º lugar dentre os 41 municípios produtores de trutas no país, sendo esta atividade uma das principais fontes de renda da população rural no município (IBGE, 2014). Além disso, a criação de trutas em tanques é também um atrativo turístico para região. Os estabelecimentos do tipo “Pesque e Pague” têm crescido cada vez mais, se destacando como uma das principais atividades turísticas da região. De acordo com a definição de GARUTTI (2003), “Pesque e Pague” é um estabelecimento constituído de tanques ou viveiros com peixes para exploração comercial de pesca amadora. Geralmente, os Pesque e Pague, além da infraestrutura voltada para a pesca, estão associados a serviços turísticos, como restaurantes temáticos e pousadas, que empregam mão de obra local.

Para SANTOS *et al.* (2014), os inconvenientes para o crescimento da truticultura na região sudeste do Brasil são a limitação física de espaço com as características necessárias para a atividade, custos relativamente altos de implementação de empreendimentos e os trâmites burocráticos para a legalização ambiental, dentre outros. Segundo o autor, esses fatores estimulam a informalidade desses empreendimentos.

De acordo com a Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, em Minas, 90% dos piscicultores não apresentam licença ambiental e isso impossibilita que o produtor tenha acesso aos financiamentos disponibilizados pelos governos estadual e federal. Somente a regularização ambiental e sanitária da atividade e o adequado funcionamento dos empreendimentos permitirão aos truticultores obterem o licenciamento e saírem da informalidade. A informalidade causa prejuízos ambientais, sociais e econômicos, dificultando a organização da atividade, inclusive de conseguir bom preço para comercialização das trutas.

A realidade local é o crescimento da atividade e a implantação de pequenos empreendimentos rurais sem embasamento técnico e controle ambiental, o que acaba por tornar a atividade menos lucrativa e mais impactante para o meio ambiente. Nesse contexto, a maioria dos truticultores não dispõe de sistema de tratamento de efluentes, gerando uma perceptível mudança na qualidade da água do corpo hídrico receptor do efluente. No entanto, os órgãos ambientais locais têm se esforçado em difundir conceitos e conscientizar sobre a necessidade da regularização ambiental, principalmente através do incentivo à obtenção de licença ambiental e outorga, distribuição de cartilhas e realização de palestras de educação ambiental em associações e escolas locais.

2.2. Empreendimento Trutas da Lapa

O empreendimento objeto de estudo deste Trabalho está localizado nos arredores da Parte Alta do Parque Nacional de Itatiaia, na Serra Negra, bairro rural do município de Itamonte, Minas Gerais (**Figura 1**). A empresa criada se chama Trutas da Lapa e é formada principalmente por produtores rurais da região que encontram na truticultura uma oportunidade de melhoria de vida. As obras de implantação do empreendimento tiveram início em 2015.

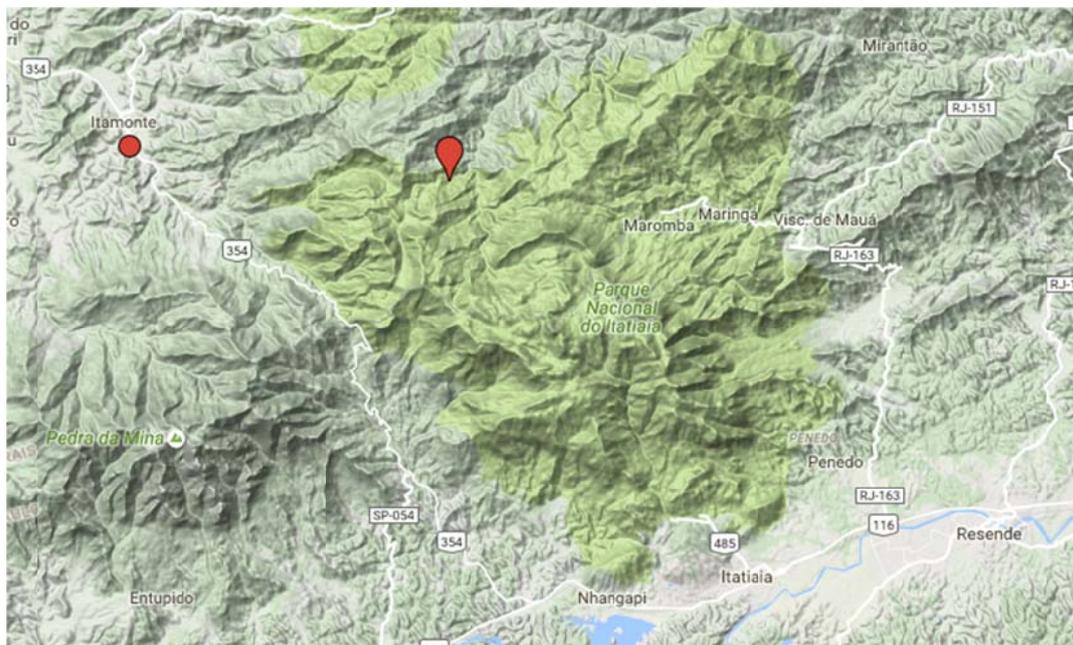


Figura 1: Localização do Empreendimento. Fonte: Google Maps, 2016.

O acesso ao local é precário, composto por estrada de terra de péssimas condições, devendo-se seguir por trilha até chegar ao local específico da implantação do empreendimento (**Figura 2**). Esta questão prejudica a logística de escoamento da produção. Atualmente, o produto é vendido a intermediários, chamados de “atravessadores”, que, geralmente, compram grandes quantidades e retiram o produto no local.



Figura 2: Obras de implantação do empreendimento Trutas da Lapa.

O sistema de produção caracteriza-se como piscicultura intensiva de fluxo contínuo de pequeno porte e é formado por barragem e estruturas de adução de água no Córrego Brejo da Lapa, caixa de distribuição de água e 6 tanques circulares para a criação de trutas, conforme **Figura 3** abaixo. A alimentação das trutas é realizada com ração e estima-se que a produção de trutas varie em torno de 6 toneladas por ano.

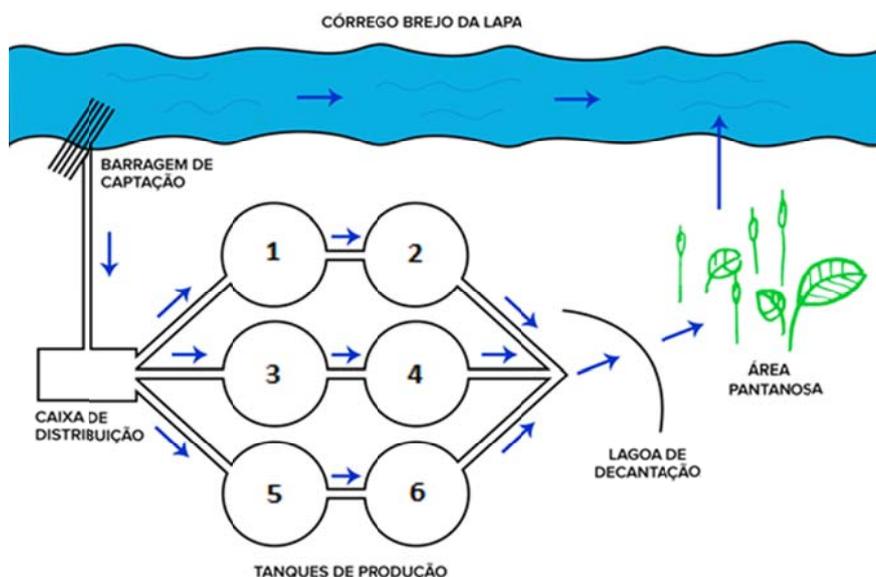


Figura 3: Esquemático do sistema de produção de trutas do empreendimento Trutas da Lapa.

A captação de água é realizada em uma barragem construída no Córrego Brejo da Lapa (**Figura 4**) a cerca de 30 m da posição dos tanques. A barragem implantada não tem a função de regularização de vazão, já que não forma reservatório, conforme **Figura 4**. A água é transferida em conduto forçado para uma caixa de distribuição, que se localiza topograficamente abaixo do ponto de captação, através de 3 tubos de PVC de 100 mm de diâmetro.

O abastecimento dos tanques é realizado através de tubos de PVC de diâmetro de 75 mm. A água efluente dos tanques ímpares afluí aos tanques pares. Ou seja, o sistema de produção apresenta 3 conjuntos de 2 tanques cada. O abastecimento de água deve ser contínuo, de forma a preservar a oxigenação dos tanques, fator primordial para a criação das trutas.



Figura 4: Barragem para Captação de Água no Córrego Brejo da Lapa.

As dimensões dos tanques de produção apresentam pequenas variações devido a questões construtivas, mas, podemos considerar o diâmetro = 5,30 m, altura do tanque = 0,9 m e altura do nível d'água = 0,70 m, tendo, portanto, volume aproximado de 22 m³ (**Figura 5**). De acordo com os empreendedores, o sistema de captação e distribuição de água foram dimensionados de maneira que o volume de cada tanque seja completamente renovado 2 vezes por hora.



Figura 5: Tanques circulares para a produção de trutas.

A água efluente dos tanques é coletada em canaleta de concreto e direcionada para uma pequena lagoa de decantação, conforme **Figura 6** abaixo. Foi identificado grande acúmulo de lodo na lagoa e infiltrações em sua barragem, indicando necessidade de manutenção da estrutura. Após a passagem pela lagoa, o efluente é lançado em área pantanosa nas adjacências do empreendimento, seguindo por gravidade até o Córrego Brejo da Lapa.



Figura 6: Lagoa de Decantação existente no local.

2.3. Características Ambientais da Região

Este item traz a caracterização ambiental da região onde o empreendimento Trutas da Lapa está inserido, serão abordados aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrográficos e biológicos da Parte Alta do Parque Nacional de Itatiaia.

O maciço do Itatiaia é fisiograficamente composto por duas unidades fundamentais: encostas e o planalto. Os cumes muito erodidos tomam a forma de planaltos abobadados ou picos isolados. O planalto com uma média de altitude de 2.000 metros pode ser dividido em três regiões: a vargem do Aiuruoca, a parte baixa e a parte alta das montanhas (SEGADAS-VIANNA, 1965).

Segundo ALMEIDA (2011), na região com altitudes variando de 1.250 a 2.250, por compreender um relevo montanhoso e acidentado, predominam solos rasos e jovens, com fertilidade natural variável. Apresentam como principais limitações para uso, o relevo com declives acentuados, a pequena profundidade e a ocorrência de pedras na massa do solo. Já acima de 2.250 m encontra-se o planalto do Itatiaia onde predomina e a ocorrência de afloramento de rochas em campos de altitude. É a esta altitude que se encontram os principais picos da região como o Pico das Agulhas Negras, as Prateleiras e a Pedra do Altar dentre outros.

Nesta porção da Serra da Mantiqueira, a vegetação se diferencia ao longo das encostas em função de sua posição e da variação altitudinal, dos 500 m até os 2.791 m de altitude, no cume das Agulhas Negras. O parque protege, nas vertentes mais íngremes, matas primárias ainda praticamente intactas. O Parque Nacional de Itatiaia está contido no Bioma Mata Atlântica, com a presença de ecossistemas de Mata de Araucárias e campos de altitude (**Figura 7**).

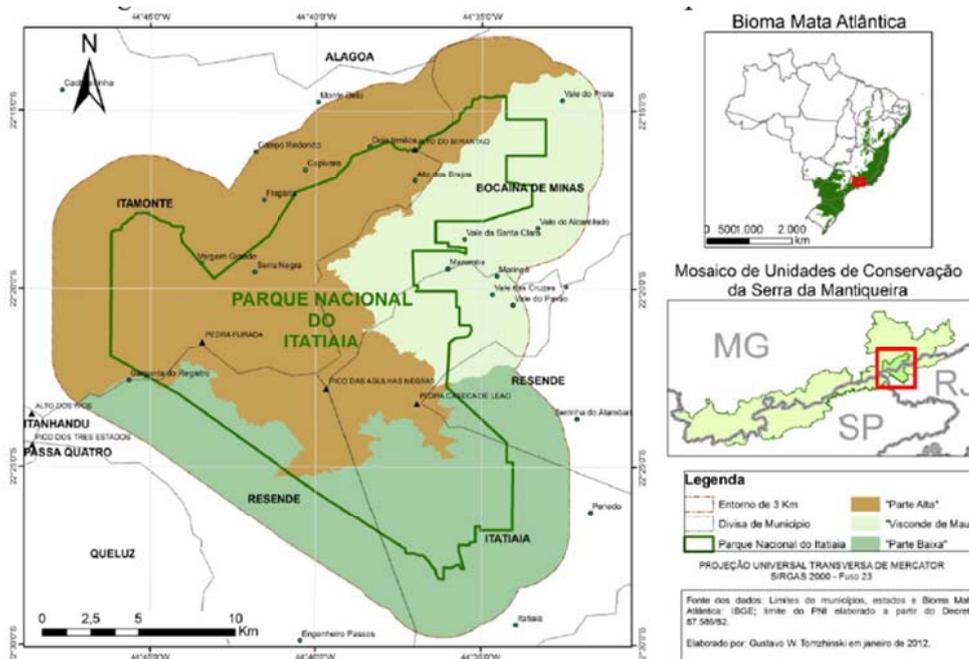


Figura 7: Localização do PARNA do Itatiaia com os municípios limítrofes, no bioma Mata Atlântica e no mosaico da Mantiqueira. Fonte: Tomzhinski, 2012.

As atividades agrícolas na região, a partir do século XIX, como o plantio de café e retirada de madeira, foram reconhecidas por BRADE (1956) como um dos principais processos responsáveis pela descaracterização parcial da vegetação do Parque. Atualmente, alguns processos, como práticas agropastoris e extrativistas arcaicas, turismo desordenado, poluição, incêndios florestais e parcelamento irregular do solo associado à pressão sobre os recursos naturais continuam a impactar a região.

A alta diversidade de espécies vegetais difunde-se nos trechos de vegetação de floresta montana, altomontana, e ainda na formação dos campos de altitude, na região do Planalto. Na mata de transição para a região mais elevada, acima de 2.000 m de altitude, muitas destas espécies apresentam ocorrência endêmica à região. À medida que a altitude se eleva, os indivíduos arbóreos e arbustivos rareiam, dando lugar aos campos. A árvore de grande porte mais frequente nestas altitudes é a Araucária. Metade da extensão dos campos de altitude do estado do Rio de Janeiro está no maciço do Itatiaia (AXIMOFF, 2011), evidenciando sua importância e necessidade de empenho para sua proteção.

No planalto, a temperatura média anual é de 11,4°C, sendo janeiro o mês mais quente com média de 13,6°C; julho é o mês mais frio com média de 8,2°C. A associação entre

baixa umidade relativa do ar, ventos intensos e dessecantes e a elevada intensidade de radiação ultravioleta, leva a alto perigo de incêndios na região. O fenômeno das geadas é verificado com frequência nessas regiões, nos picos mais elevados, como na Parte Alta do Parque Nacional do Itatiaia, onde a média anual do número de dias de ocorrência de geadas é superior a 50 (AXIMOF *et al.*, 2014).

Analisando a carta topográfica das Agulhas Negras¹, IBGE – 1:50.000, observamos que as feições atuais do maciço do Itatiaia dividiram as bacias do rio Paraíba do Sul, para a face sul e a do rio Grande para a face norte. Segundo o ICMBio, a gestão e preservação dos recursos hídricos do Parque Nacional do Itatiaia são de suma importância, pois no Parque estão as nascentes de três dos principais rios destas duas grandes bacias hidrográficas brasileiras, que são os rios: Grande, Aiuruoca e Preto (**Figura 8**).

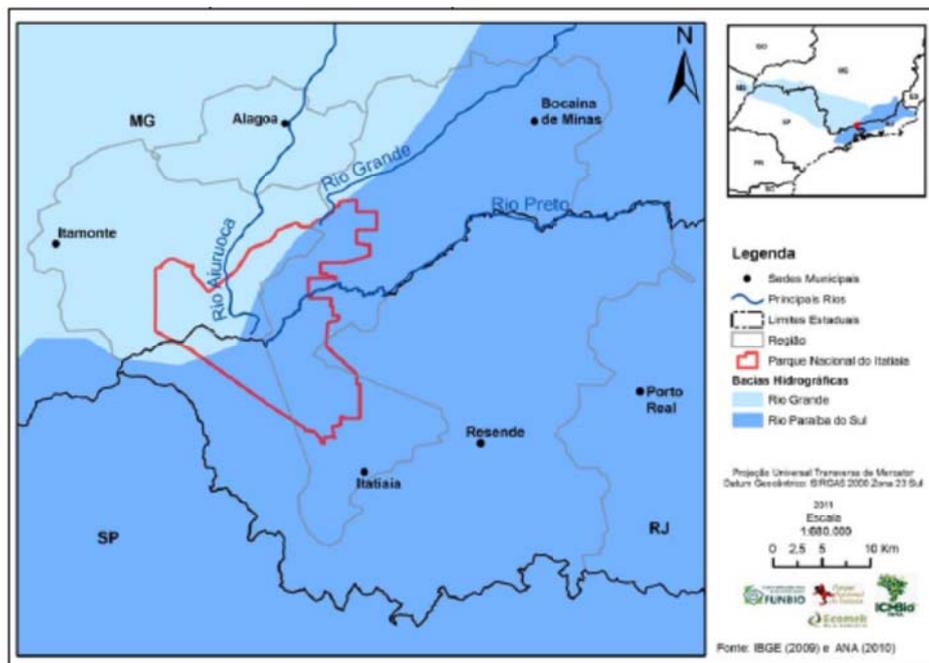


Figura 8: Bacias Hidrográficas da Região do Parque Nacional de Itatiaia. Fonte: ICMBio, 2012.

O Córrego Brejo da Lapa, corpo hídrico que abastece os tanques e recebe os efluentes do empreendimento Trutas da Lapa, tem sua nascente nos campos de altitude do Parque Nacional de Itatiaia, especificamente no Brejo da Lapa, local que dá nome ao córrego. Em função da topografia da área, o Córrego Brejo da Lapa escoar com alta velocidade e em leito raso. Não foi identificada descarga de efluentes industriais ou domésticos ao

A área de drenagem é de 240 km de extensão, com uma população de cerca de 365.000 habitantes. A bacia hidrográfica do Alto Rio Grande é composta pelas sub-bacias do Rio Grande, do Rio Aiuruoca, do Rio Turvo Grande e do Rio Ingaí, que nascem na Serra da Mantiqueira e pela sub-bacia do Rio Capivari. O principal fator de pressão sobre os recursos hídricos da bacia é o lançamento de esgotos sanitários nos rios Aiuruoca e Capivari.

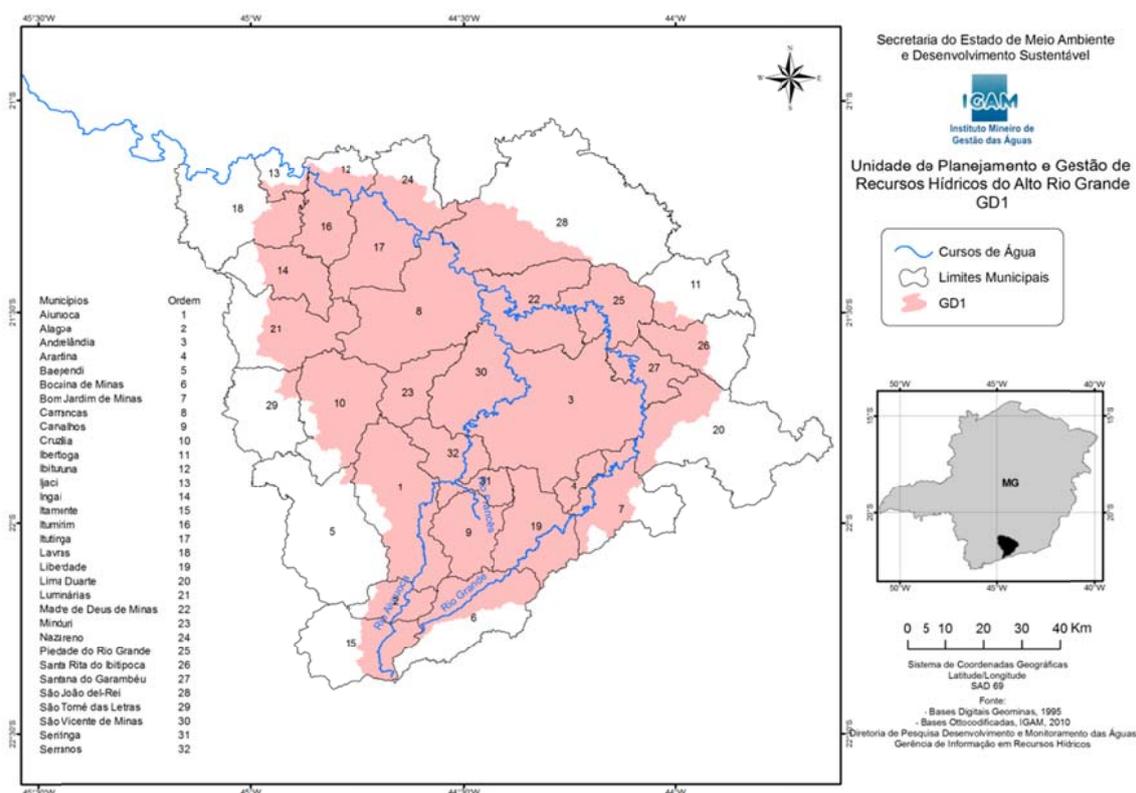


Figura 10: Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande. Fonte: IGAM, 2010.

Na sub-bacia do rio Aiuruoca temos seis cursos d'água, sendo eles o ribeirão da Vargem Grande, o córrego João Vieira, o córrego do Mato Grosso, o córrego do Brejo da Lapa, o rio Aiuruoca e córrego do Retiro. A nascente com maior altitude é a do rio que dá o nome a bacia, a 2.540 m de altitude. O ribeirão da Vargem Grande nasce na localidade de mesmo nome e, junto com o córrego João Vieira, vão em direção ao rio Aiuruoca, na Serra Negra, onde estão localizados os outros rios da bacia. Tanto os córregos do Brejo da Lapa, do Mato Grosso e do Retiro também desaguam no Aiuruoca a uma altitude em torno de 1.700 m.

O uso do solo na bacia do Rio Aiuruoca é marcado por exploração agrícola intensa ao norte, enquanto ao sul, na Serra da Mantiqueira, ocorre predominância de floresta ombrófila e agricultura familiar (**Figura 11**).

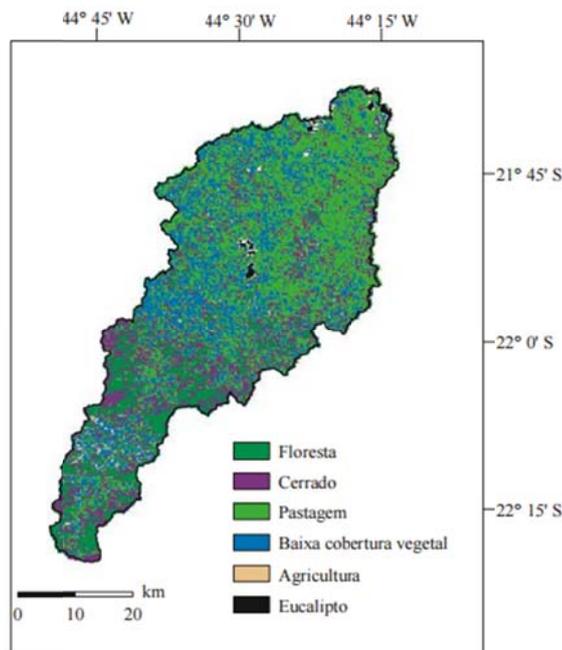


Figura 11: Classes de uso do solo diferenciadas pela diversa cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Rio Aiuruoca. Fonte: Viola *et al.*, 2009.

2.4. Legislação Ambiental Aplicável

Nesta seção será feito o levantamento da Legislação Ambiental aplicável a empreendimentos de truticultura, nos âmbitos federal e estadual. Será realizado também o enquadramento do Trutas da Lapa de acordo com os regulamentos estudados.

2.4.1. Âmbito Federal

Um dos aspectos mais importantes e complexos da produção de trutas está relacionado com o cumprimento da legislação ambiental, tendo em vista que os tanques são instalados próximos aos cursos d'água, muitas vezes em Áreas de Preservação Permanente (APP). A Lei Federal Nº 12.651, de 25/05/2012, que revogou o Código Florestal de 1965, em seu Artigo 4 define, entre outras, as seguintes áreas de preservação permanente:

i) as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- 30 m de largura para os cursos d'água de menos de 10 m de largura;
- 50 m para os rios com 10 a 50 m de largura;
- 100m para os rios que tenham de 50 a 200 m de largura;
- 200 m para os rios que tenham de 200 a 600 m de largura;
- 500 m para os rios que tenham largura superior a 600m;

ii) as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

iii) no topo de morros, montes, montanhas e serras;

iv) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;

v) em altitude superior a 1.800 m, qualquer que seja a vegetação.

Devido ao relevo acidentado da Serra da Mantiqueira, grande parte dos trutários está localizada em APP nas beiras dos rios. No entanto, os truticultores da Mantiqueira podem se beneficiar da flexibilidade de uso em APP dada aos agricultores familiares pela Lei nº 12.727/2012, que alterou o Artigo 4 da Lei 12.651/2012. A nova redação estabelece que nos imóveis rurais com até 15 (quinze) módulos fiscais é admitida, nas áreas em torno de cursos d'água e reservatórios naturais, a prática da aquicultura e a infraestrutura física diretamente a ela associada, desde que:

I - sejam adotadas práticas sustentáveis de manejo de solo e água e de recursos hídricos, garantindo sua qualidade e quantidade, de acordo com norma dos Conselhos Estaduais de Meio Ambiente;

II - esteja de acordo com os respectivos planos de bacia ou planos de gestão de recursos hídricos;

III - seja realizado o licenciamento pelo órgão ambiental competente;

IV - o imóvel esteja inscrito no Cadastro Ambiental Rural (CAR).

V - não implique novas supressões de vegetação nativa.

Em relação à gestão dos recursos hídricos da região, os empreendimentos de produção de truta deverão se regularizar em relação à captação de água e ao lançamento de efluente em corpos hídricos. De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal Nº 9.433, de 08/01/1997, baseada no fundamento que a água é um bem de domínio público, estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos, dentre outros:

i - derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

ii - lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

iii - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

A Lei 9.433/1997 define que derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes independem de outorga pelo Poder Público. Porém, não é definido o que seriam considerados usos “insignificantes”, o que, geralmente, é estabelecido na esfera estadual.

Em relação aos efluentes, para a obtenção da outorga de lançamento, os produtores devem se atentar ao lançamento dos efluentes sem tratamento prévio, de forma a evitar a degradação ambiental e enquadramento na legislação. Através da Resolução CONAMA Nº 357, de 17/03/2005, o Conselho Nacional de Meio Ambiente dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

A CONAMA 357/2005 define classes de qualidade, sendo elas o conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos múltiplos da água preponderantes, atuais ou futuros. A partir da definição do conceito de classe, a resolução institui o seu enquadramento que é o estabelecimento de classe de qualidade a

ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, devendo estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade.

Para águas doces, são definidas 5 classes, apresentando as condições e padrões relacionados a cada uma, de forma a subsidiar o enquadramento: Classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4.

Como Classe 2 são definidas as águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

Segundo a CONAMA 357/2005, o enquadramento dos corpos de água deverá ser realizado de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2.

A CONAMA Nº 430, de 13/05/2011, que altera a CONAMA 357/2005, dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos de água. A resolução fixa as condições e padrões de lançamento de efluentes, despejos líquidos provenientes de atividades ou processos diversos, e as condições e padrões para efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários, despejos líquidos residenciais, comerciais, águas de infiltração na rede coletora, os quais podem conter parcela de efluentes industriais e efluentes não domésticos.

Considerando as definições apresentadas acima, consideraram-se, no âmbito deste Trabalho, as condições e padrões para lançamento de efluentes não sanitários, conforme **Tabela 1** abaixo. Por mais que o efluente da truticultura seja advindo do metabolismo

dos peixes, se assemelhando em composição a efluentes sanitários, não é efluente de origem doméstica e sim oriundo de processo produtivo.

Tabela 1: Condições e Padrões de lançamento relacionados ao efluente da truticultura. Fonte: Adaptado de CONAMA, 2011.

Condições de lançamento	pH	5 – 9
	Temperatura	Inferior a 40 °C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deve exceder 3 °C
	Materiais Sedimentáveis	Até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff
	Óleos vegetais e gorduras animais	Até 50 mg/L
	Materiais Flutuantes	Ausência
	DBO ₅ (a 20°C)	Remoção mínima de 60%
Parâmetros Inorgânicos	Nitrogênio Amoniacal Total	Valor máximo: 20,0 mg/L N

Para o parâmetro fósforo, a resolução indica que o órgão ambiental competente poderá definir padrões específicos para o parâmetro citado no caso de lançamento de efluentes em corpos receptores com registro histórico de floração de cianobactérias, em trechos onde ocorra a captação para abastecimento público.

Nesta resolução está previsto que o órgão ambiental competente poderá, mediante fundamentação técnica:

I - acrescentar outras condições e padrões para o lançamento de efluentes, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições do corpo receptor;

II - exigir tecnologia ambientalmente adequada e economicamente viável para o tratamento dos efluentes, compatível com as condições do respectivo corpo receptor.

A CONAMA 430/2011 também introduz o conceito de carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias passíveis de estarem presentes ou serem formadas nos processos produtivos, podendo esta ser estabelecida por órgão ambiental competente, por meio de norma específica ou no licenciamento da atividade ou empreendimento.

A Lei nº 11.959, de 20/06/2009, dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, de forma a regular as atividades pesqueiras. Em disposições referentes à aquicultura, a lei define que as empresas de aquicultura são consideradas empresas pesqueiras, devendo, portanto, ser previamente inscritas no Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP), conforme Decreto nº 8.425, de 31/03/2015, bem como no Cadastro Técnico Federal (CTF) na forma da legislação específica. A Lei especifica que a inscrição no RGP é condição prévia para a obtenção de concessão, permissão, autorização e licença em matéria relacionada ao exercício da atividade pesqueira.

Conforme a Lei 11.959/2009, na criação de espécies exóticas, é responsabilidade do aquicultor assegurar a contenção dos espécimes no âmbito do cativeiro, impedindo seu acesso às águas de drenagem de bacia hidrográfica brasileira.

Na Lei é definido que é papel do Estado conceder o direito de uso de águas e terrenos públicos para o exercício da aquicultura, considerando que a água é um bem de domínio público, conforme Lei 9.433/1997. De forma a consolidar os procedimentos e critérios para cessão de áreas para aquicultura, foi publicado o Decreto 4.895, em 25/11/2003, e Instrução Normativa Interministerial nº 06, em 31/05/2004, que dispõe sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura.

As principais diretrizes para a execução do licenciamento ambiental estão expressas na Lei 6.938/81 e nas Resoluções CONAMA nº 001/1986 e nº 237/1997. Além dessas, existe a Lei Complementar nº 140/2011, que discorre sobre a competência estadual e federal para o licenciamento, tendo como fundamento a localização do empreendimento.

O processo de licenciamento ambiental de empreendimentos aquícolas, como a tricultura, é regido, em âmbito federal, pela Resolução CONAMA Nº 413, de

26/07/2009. Para a definição dos procedimentos de licenciamento ambiental, os empreendimentos de aquicultura devem ser enquadrados em uma entre nove classes de potencial de impacto ambiental, conforme a relação entre o porte do empreendimento aquícola e o potencial de severidade da espécie utilizada no empreendimento, constantes no Anexo I da Resolução.

O porte do empreendimento aquícola é definido utilizando como critério a área ou volume efetivamente ocupado pelo empreendimento, com definição de classes correspondentes a pequeno, médio e grande porte, conforme **Tabela 2** abaixo. *Nesta classificação o empreendimento Trutas da Lapa se enquadra como pequeno porte (P).*

Tabela 2: Porte do empreendimento aquícola. Fonte: Adaptado de CONAMA, 2009.

		Atividade				
		Carcinicultura de água doce e Piscicultura em viveiros escavados Área (ha)	Carcinicultura de água doce e Piscicultura em tanques-rede ou tanque-revestido Volume (m ³)	Ranicultura Área (m ²)	Malacocultura Área (ha)	Algicultura Área (ha)
Porte	Pequeno (P)	< 5	< 1.000	< 400	< 5	< 10
	Médio (M)	5 a 50	1.000 a 5.000	400 a 1.200	5 a 30	10 a 40
	Grande (G)	> 50	> 5.000	> 1.200	> 30	> 40

O Potencial de severidade das espécies é definido baseado na característica ecológica da espécie e no sistema de cultivo a ser utilizado, conforme **Tabela 3** abaixo. *O empreendimento Trutas da Lapa opera em sistema de cultivo intensivo; segundo a resolução, este é o sistema de produção em que os espécimes cultivados dependem integralmente da oferta de alimento artificial. Em relação a característica ecológica da espécie, a truta é uma espécie exótica e carnívora. Portanto, nesta classificação o empreendimento em questão é enquadrado em Alto potencial de severidade da espécie (A).*

Tabela 3: Potencial de severidade das espécies. Fonte: Adaptado de CONAMA, 2009.

		Característica ecológica da espécie			
		Autóctone ou nativa		Alóctone ou exótica	
		Não-Carnívora / onívora / autotrófica	Carnívora	Não-Carnívora / onívora/autotrófica	Carnívora
Sistema de cultivo	Extensivo	B	B	M	M
	Semi-Intensivo	B	M	M	A
	Intensivo	M	M	A	A

Legenda: Potencial de severidade das espécies B= Baixo; M=Médio; A=Alto

Com ambos os enquadramentos nas classes porte do empreendimento e potencial de severidade das espécies, é definido o Potencial de Impacto Ambiental do empreendimento, segundo **Tabela 4**. Neste sentido, o empreendimento *Trutas da Lapa* é classificado como pequeno porte com alto potencial de severidade da espécie (PA).

Tabela 4: Potencial de impacto ambiental. Fonte: Adaptado de CONAMA, 2009.

		Potencial de severidade da espécie		
		Baixo (B)	Médio (M)	Alto (A)
Porte	Pequeno (P)	PB	PM	PA
	Médio (M)	MB	MM	MA
	Grande (G)	GB	GM	GA

Legenda:

PB=pequeno porte com baixo potencial de severidade da espécie;
 PM=pequeno porte com médio potencial de severidade da espécie;
 PA=pequeno porte com alto potencial de severidade da espécie;
 MB=médio porte com baixo potencial de severidade da espécie;
 MM=médio porte com médio potencial de severidade da espécie;
 MA=médio porte com alto potencial de severidade da espécie;
 GB=grande porte com baixo potencial de severidade da espécie;
 GM=grande porte com médio potencial de severidade da espécie;
 GA=grande porte com alto potencial de severidade da espécie.

Segundo a CONAMA 413/2009, os empreendimentos aquícolas de pequeno porte, independentemente do potencial de severidade das espécies (PB, PM e PA) e os de médio porte com baixo potencial de severidade das espécies (MB) poderão, a critério do órgão ambiental licenciador, ser licenciados por meio de procedimento simplificado de licenciamento ambiental. No âmbito do licenciamento ambiental, o órgão licenciador deverá exigir documentos expedidos pelo órgão gestor de recursos hídricos, como manifestação prévia ou outorga de direito de uso de recursos hídricos.

A resolução prevê, em seu Artigo 18, que os empreendimentos de aquicultura, quando necessário, deverão implantar mecanismos de tratamento e controle de efluentes que garantam o atendimento aos padrões estabelecidos na legislação ambiental vigente, devendo o projeto ser apresentado ao órgão ambiental licenciador.

2.4.2. Âmbito Estadual

Em relação à legislação do Estado de Minas Gerais, primeiramente temos a Lei nº 20.922, de 16/10/2013 que dispõe sobre as políticas florestais e de proteção à biodiversidade no Estado de MG. Esta Lei traz considerações similares às expostas no item 2.4.1. Âmbito Federal para a Lei 12.651/2012, no assunto referente à definição de APP e à sua utilização para a aquicultura e infraestrutura diretamente associada, atentando para necessidade do cumprimento da Lei Estadual nº 14.181/2002.

A Lei nº 14.181, de 17/01/2002, regulamentada pelo Decreto nº 43.713, de 14/01/2004, dispõe sobre a política de proteção à fauna e à flora aquáticas e de desenvolvimento da pesca e da aquicultura no Estado de MG. Conforme a Lei, é diretriz do Estado o fomento às atividades de aquicultura compreendendo o apoio a todas as iniciativas do gênero e em especial àquelas destinadas à melhoria da produtividade em empreendimentos já existentes e para a criação de novas unidades.

Segundo a Lei e seu Decreto regulamentador, para o exercício da aquicultura, são exigidos registro anual do aqüicultor e licença, expedidos pelo órgão competente. O órgão competente irá determinar, mediante estudos técnico-científicos, as espécies da fauna e da flora aquáticas cuja criação, transporte e comercialização serão permitidos. No caso de desativação do estabelecimento, o responsável deverá requerer o cancelamento do respectivo registro, no prazo de 30 (trinta) dias, obrigando-se ao pagamento dos débitos porventura existentes.

Neste contexto, são definidas as competências de cada órgão, no âmbito do Estado, conforme abaixo:

I - ao Instituto Estadual de Florestas (IEF), a critério deste, compete o registro ou autorização para o funcionamento da atividade aquícola, a fiscalização e a aplicação de sanções. Ficando criado, na estrutura do IEF, o Conselho Estadual da Pesca e da Aquicultura, órgão colegiado, deliberativo e consultivo;

II - ao Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) compete a licença ambiental;

III - à Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER/MG) o fomento e a coordenação das atividades de assistência técnica e de apoio à produção, em todas as fases do processo, com atendimento prioritário às cooperativas municipais e às colônias e associações de pescadores e de produtores rurais;

IV - ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), a outorga de direito do uso da água no âmbito de suas competências.

Na Lei também são previstas penalidades ao autor de dano à fauna aquática, constituído de toda ação ou omissão que degrade o ecossistema a ela relacionado, além das demais hipóteses previstas na legislação em vigor e, em especial, a introdução de espécie exótica sem a autorização do órgão competente.

Em relação a recursos hídricos, a Lei nº 13.199, de 29/01/1999, dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH-MG), em espelho à Lei 9.433/1997. Dentre os instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos, temos: o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

No contexto da Lei 13.199/1999, o empreendimento Trutas da Lapa está enquadrado como passível de outorga de uso de recursos hídricos de captação de água e lançamento de efluentes, já que não se configura como uso insignificante, com base na Deliberação Normativa CERH-MG n.º 09, de 16/06/2004. De acordo com a DN CERH-MG 09/2004, na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande, as captações e derivações de águas superficiais menores ou iguais a 1 litro/segundo e acumulações de volume máximo igual a 5.000 m³ são consideradas usos insignificantes.

Segundo a Lei 13.199/1999, integram o SEGRH-MG:

I - a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), na condição de órgão central coordenador do SEGRH-MG;

II - o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH-MG), na condição de órgão deliberativo e normativo central do SEGRH-MG, cabendo a este, entre outras

atribuições, estabelecer os critérios e as normas gerais para a outorga e cobrança dos direitos de uso de recursos hídricos, além de deliberar sobre o enquadramento dos corpos de água em classes, em consonância com as diretrizes do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM-MG) e de acordo com a classificação estabelecida na legislação ambiental;

III - O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), na condição de entidade gestora do SEGRH-MG, cabendo a este superintender o processo de outorga de direito de uso de recursos hídricos e manter sistema de fiscalização de uso das águas da bacia, entre outras atribuições;

IV - Os comitês de bacia hidrográfica, órgãos deliberativos e normativos na sua área territorial de atuação;

V - Os órgãos e as entidades dos poderes estadual e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos;

VI - As agências de bacias hidrográficas, as quais compete efetuar a cobrança pelo uso de recursos hídricos e se relacionar diretamente aos comitês de bacia hidrográfica, propondo: o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, para encaminhamento ao CERH-MG, e os valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos.

A Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05/05/2008, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, traz considerações similares às expostas para a CONAMA 430/2011 no item 2.4.1.Âmbito Federal. No entanto, estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes diferenciados e mais restritivos em relação a legislação federal, conforme **Tabela 5**, abaixo:

Tabela 5: Condições e Padrões de lançamento relacionados ao efluente da truticultura. Fonte: Adaptado de COPAM/CERH-MG, 2011.

Condições de lançamento	pH	6 – 9
	Temperatura	Inferior a 40 °C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deve exceder 3 °C na zona de mistura
	Materiais Sedimentáveis	Até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff
	Regime de Lançamento	Lançamento com vazão máxima de 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor
	Óleos minerais	Até 20 mg/L
	Óleos vegetais e gorduras animais	Até 50 mg/L
	Materiais Flutuantes	Ausência
	DBO ₅ (a 20°C)	Até 60 mg/L, ou tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 75% e média anual igual ou superior a 85%
	DQO	Até 180 mg/L, ou tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 70% e média anual igual ou superior a 75%
	Sólidos em Suspensão Totais	Até 100 mg/L
Parâmetros Inorgânicos	Nitrogênio Amoniacal Total	Valor máximo: 20,0 mg/L N

Segundo a ANA, alguns trechos de rios na bacia do Rio Grande são enquadrados em classes de qualidade compatíveis com aquelas estabelecidas pelo CONAMA 357/2005 e DNC COPAM/CERH-MG nº 01/2008. O enquadramento destes trechos se dá pela Deliberação Normativa COPAM nº 33, de 18/12/1998, no entanto, não há definição de enquadramentos para a bacia do Alto Rio Grande.

O licenciamento ambiental, de acordo com a Lei Estadual 7.772/1980, alterada pela Lei 15.972/2006, é o procedimento administrativo por meio do qual o poder público autoriza a instalação, ampliação, modificação e operação de atividades ou

empreendimentos utilizadores de recursos ambientais considerados efetiva ou potencialmente poluidores.

A Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 09/09/2004 estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ambiental de funcionamento ou de licenciamento ambiental no nível estadual. Os empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente são enquadradas em seis classes que conjugam o porte e o potencial poluidor ou degradador do meio ambiente (1, 2, 3, 4, 5 e 6), conforme a **Tabela 6** abaixo:

Tabela 6: Determinação da classe do empreendimento a partir do potencial poluidor da atividade e do porte. Fonte: Adaptado de COPAM, 2004.

		Potencial poluidor/degradador geral da atividade		
		P	M	G
Porte do empreendimento	P	1	1	3
	M	2	3	5
	G	4	5	6

O potencial poluidor/degradador da atividade é considerado pequeno (P),- médio (M) ou grande (G), em função das características intrínsecas da atividade, conforme listagens A, B, C, D, E, F e G. O potencial poluidor/degradador geral é obtido após a conjugação dos potenciais impactos nos meios físico, biótico e antrópico, conforme **Tabela 7** abaixo:

Tabela 7: Determinação de potencial poluidor/degradador geral. Fonte: Adaptado de COPAM, 2004.

Variáveis ambientais	Potencial Poluidor/Degradador									
	P	P	P	P	P	P	M	M	M	G
Ar	P	P	P	P	P	P	M	M	M	G
Água	P	P	P	M	M	G	M	M	G	G
Solo	P	M	G	M	G	G	M	G	G	G
Geral	P	P	M	M	M	G	M	M	G	G

O porte do empreendimento, por sua vez, também é considerado pequeno (P), médio (M) ou Grande (G), conforme os limites fixados nas listagens.

Segundo a DN COPAM 74/2004, a atividade de piscicultura está enquadrada na Listagem G: Atividades Agrossilvipastoris. Para a atividade “Piscicultura convencional e unidade de pesca esportiva tipo pesque- pague” estão definidas as seguintes classificações:

- Potencial Poluidor/Degradador: Ar: P, Água: M, Solo: M = Geral: M
- Porte:
 - Pequeno: $0,1 \leq \text{Área Inundada} \leq 03 \text{ ha}$;
 - Médio: $03 \text{ ha} < \text{Área Inundada} \leq 08 \text{ ha}$;
 - Grande: $\text{Área Inundada} > 08 \text{ ha}$.

Para a atividade mencionada, “área inundada” é o somatório das áreas cobertas pelas lâminas ou espelhos d’água formados pelos tanques. A área inundada deve ser expressa em hectare (ha). *O empreendimento Trutas da Lapa dispõe de 6 tanques circulares com diâmetro aproximado de 5,3 metros, portanto, uma área inundada de 132 m^2 ou 0,0132 ha, caracterizando um empreendimento de pequeno porte.*

Nesse sentido, apresentando um potencial poluidor/degradador médio e porte pequeno, o empreendimento é classificado como CLASSE 1, conforme Tabela 6. Segundo a DN COPAM 74/2004, os empreendimentos e atividades enquadrados nas classes 1 e 2, são considerados de impacto ambiental não significativo, ficando dispensados do processo de licenciamento ambiental no nível estadual, mas sujeitos obrigatoriamente à autorização ambiental de funcionamento pelo órgão ambiental estadual competente. Caso o órgão ambiental considere necessário o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades enquadrados nas classes 1 e 2, os empreendedores serão convocados neste sentido. A autorização ambiental de funcionamento somente será efetivada se comprovada a regularidade face às exigências de Documento Autorizativo para Intervenção Ambiental (DAIA), conforme Portaria IEF nº 02/2009, e de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos.

2.5. Impacto Ambiental: O Efluente

Segundo MIDLEN e REDDING (1998 apud PULATSU *et al.*, 2004), o impacto ambiental da aquicultura é variável e inclui conflitos entre as necessidades dos diferentes consumidores de seus produtos, alterações nos regimes hidrológicos, introdução de espécies exóticas em ecossistemas e poluição de recursos hídricos. De acordo com BOYD (2003), a poluição de recursos hídricos por efluentes de tanques e criadouros é o impacto mais comum, e este problema tem atraído atenção oficial de muitas nações. Devido ao abastecimento contínuo dos tanques, os efluentes da truticultura são caracterizados por grande vazão e concentração relativamente baixa de poluentes, mas que geram uma carga representativa dos mesmos no corpo hídrico receptor. Tais efluentes podem causar grandes impactos negativos na qualidade da água dos corpos hídricos receptores, caso sejam descarregados sem tratamento prévio.

Segundo PULATSU *et al.* (2004), o efluente da truticultura é descarregado no meio ambiente com maior concentração de nutrientes e sólidos em relação à água de abastecimento dos tanques. Tais poluentes têm origem, principalmente na ração introduzida no sistema de produção, seja diretamente pela dispersão ou pelos produtos metabólicos gerados pelos peixes (AMIRKOLAIE, 2011). De acordo com BOAVENTURA *et al.* (1997), que promoveu estudo de caracterização do efluente de 3 truticulturas de diferentes portes em Portugal:

A medida que a água flui pelos criadouros, variações nas características químicas foram observadas: redução média na concentração de oxigênio dissolvido (OD), entre 0,7 e 2,4 mg/L; aumento médio entre 1,9 e 3,2 mg/L de CaCO₃ como medida de alcalinidade; aumento de DBO₅ entre 0,9 e 14 mg/L; aumento de nitrogênio amoniacal (NH₄-N) entre 0,27 e 1,46 mg/L; para fósforo solúvel (PO₄-P) variação entre 0,060 and 0,579 mg/L; variação de até 16 mg/L para sólidos suspensos; variações no pH e nitrato não foram estatisticamente significantes.

Segundo a metodologia utilizada por PULATSU *et al.* (2004) em seu estudo do impacto ambiental da truticultura em um corpo hídrico da Turquia, concluiu-se que a redução da concentração de oxigênio dissolvido (OD), e o aumento das concentrações de demanda biológica de oxigênio (DBO), nitrito (NO₂-N), nitrato (NO₃-N) e fósforo total foram significativas no corpo hídrico receptor. Enquanto as alterações nas concentrações de

sólidos suspensos totais e nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) foram considerados insignificantes.

A matéria orgânica presente no efluente está associada aos sólidos contidos no mesmo, representados pelas fezes dos peixes. Segundo MILLER e SEMMENS (2002), a utilização de taxas de alimentação e ração não adequadas, aumenta o output de material orgânico dos criadouros, tanto como ração não consumida, quanto como fezes, causando elevação das concentrações de DBO no corpo hídrico receptor. A deposição de materiais sedimentáveis nos próprios tanques, retangulares ou circulares, reduz o impacto dos efluentes da truticultura nos corpos d'água receptores em função da redução da concentração de sólidos suspensos e DBO (DEHLG, 1995 apud PULATSU *et al.*, 2004). No entanto foi constatado por PULATSU *et al.* (2004), que momentos de abate da produção e limpeza dos tanques geram carga de poluentes significativa, estando geralmente associados a um aumento considerável da concentração de sólidos suspensos no corpo hídrico.

A truticultura apresenta um potencial de descarga efetiva de fósforo (P) e nitrogênio (N). BOYD e QUEIROZ (2001) e MORAES *et al.* (2013) afirmaram que a renovação contínua diminui o tempo de residência da água nos sistemas de produção e, conseqüentemente, reduz sua capacidade de assimilar nutrientes. MORAES *et al.* (2016), em seu estudo de caso realizado em uma truticultura intensiva no Parque Nacional da Serra da Bocaina, São Paulo, Brasil, estimou a carga de fósforo e nitrogênio do efluente durante 3 meses de operação do empreendimento, considerando a carga de nutrientes contida na ração utilizada e nível de nutrientes convertido em biomassa. Os resultados estão apresentados na **Figura 12**. Resultados similares foram obtidos por PÁEZ-OSUNA *et al.* (1997), que indicou que do total de fósforo fornecido na dieta, cerca de 25% a 30% estarão presentes na biomassa dos organismos cultivados, e o restante vai para o meio, via efluente, sendo capaz de ocasionar o processo de eutrofização.

Vale ressaltar que, como consequência do enriquecimento de nutrientes e eutrofização, podemos ter a inviabilidade de outros empreendimentos dessa mesma tipologia devido à baixa qualidade da água para abastecimento de viveiros. Isso se dá, pois o efluente de criadouros a montante são descarregados no corpo hídrico, fonte de água para abastecimento dos tanques dos criadouros a jusante.

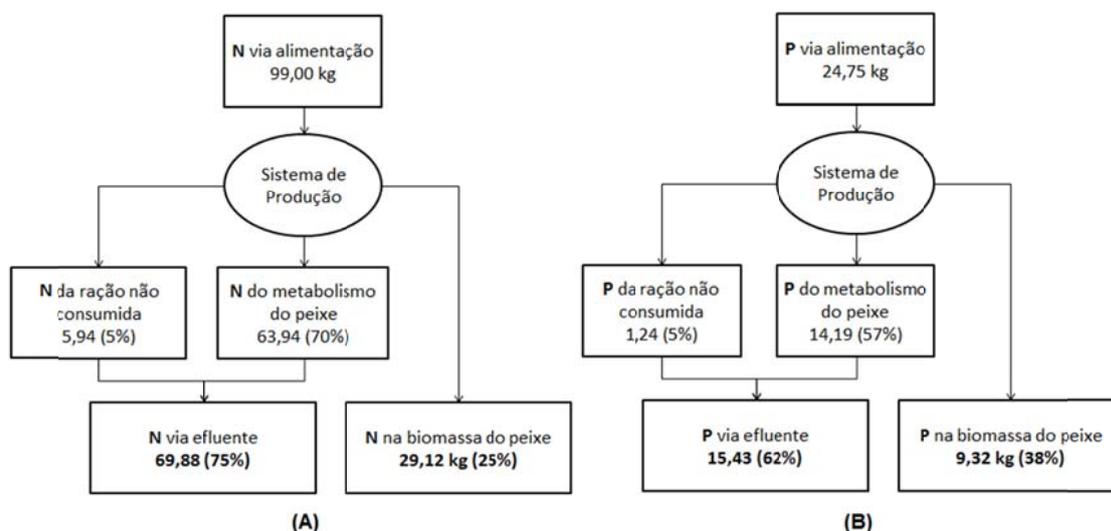


Figura 12: Fluxo de nutrientes em truticultura intensiva durante período de 3 meses – unidade kg/período. **(A)** Nitrogênio Total **(B)** Fósforo Total. Fonte: Adaptado de MORAES *et al.* (2016).

Segundo BOYD (2003), a aplicação de boas práticas de gestão, do inglês *best management practices* (BMP), é uma maneira adequada e acessível de reduzir o impacto ambiental da atividade. As BMP visam aprimorar o processo produtivo adotado nos empreendimentos aquícolas através de boas práticas, como a gestão alimentar adequada e utilização de rações de qualidade. Nessas condições, maior é a taxa de conversão alimentar, ou seja, maior é a quantidade de nutrientes convertidos em biomassa e menor a quantidade de poluentes exportada via efluente (PULATSU *et al.*, 2004; BOAVENTURA *et al.*, 1997; MORAES *et al.*, 2011).

Conforme as informações levantadas nessa seção, compreende-se a necessidade de implantação de mecanismos de controle de poluição em empreendimentos da truticultura, de forma a reduzir o potencial impacto ambiental do descarte de efluentes brutos em corpos d'água naturais. No entanto, no Brasil, não existem procedimentos específicos para projeto de sistemas de tratamento de efluentes para empreendimentos desta tipologia. Essa questão, associada à falta de conscientização dos aquicultores, explica a negligência com o tratamento de efluentes gerados nos viveiros de produção de trutas na Serra da Mantiqueira.

De forma a reverter o crescimento da atividade sem dispositivos de controle de poluição, os órgãos ambientais vêm exercendo seu papel de fiscalização, pressionando os truticultores em direção a implantação de lagoas de decantação ou de filtros

anaeróbicos, mesmo que não haja legislação ambiental específica que indique esta obrigação para a truticultura. Além disso, existem queixas provindas dos moradores locais, em função da degradação de qualidade da água dos corpos d'água, perceptível pelo forte odor da água, deposição de sedimentos e aumento de limo nas pedras no leito do rio.

Nos empreendimentos de maior porte e visibilidade, como aqueles mais próximos dos centros urbanos e do tipo Pesque e Pague, uma prática comum é o emprego de lagoas de decantação, geralmente subdimensionadas. Muitas vezes o emprego das lagoas de decantação é associado ao aguapé (*Eichhornia crassipes*), macrófita aquática flutuante de rápida reprodução que atua na degradação de matéria orgânica e na redução das concentrações de nutrientes do efluente. No entanto, esta espécie exótica pode migrar e se proliferar em corpos d'água da região, principalmente naqueles que já oferecem concentração de nutrientes elevada.

No sentido de obter regularização ambiental, diminuir os conflitos entre proprietários de terra que compartilham as margens do Córrego Brejo da Lapa e minimizar o impacto ambiental da sua atividade, os empreendedores do Trutas da Lapa se mostraram dispostos a investir na implantação de um sistema de tratamento de efluentes. Neste contexto, o presente Projeto pretende levantar, com base na literatura especializada, alternativas de sistemas de tratamento de efluentes da truticultura, visando projetar e dimensionar as estruturas para o sistema do empreendimento Trutas da Lapa, e caracterizar o efluente e o impacto ambiental no Córrego Brejo da Lapa.

3. ESTUDO DE CONCEPÇÃO

3.1. Referencial Teórico

3.1.1. Cartilha “Boas Práticas na Truticultura”

A Cartilha Boas Práticas na Truticultura foi uma publicação amplamente divulgada e distribuída aos produtores rurais do município de Itamonte que se mostravam interessados em implantar um projeto de produção de trutas ou que já se encontravam com seus empreendimentos em operação.

As Boas Práticas são consideradas atitudes que o produtor deve adotar para garantir uma melhor administração do seu negócio, considerando os recursos ambientais, materiais e humanos envolvidos nas atividades de produção, beneficiamento e comercialização das trutas. O principal foco da cartilha é informar ao produtor rural a aplicação prática de conhecimentos técnicos relacionados a criação de trutas em tanques, de forma a reduzir o risco da produção, aumentar o lucro e tornar a atividade menos poluente.

Esta publicação foi parte dos produtos do Projeto Dois Irmãos, executado pela empresa Valor Natural em parceria com a Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente de Itamonte com patrocínio da Petrobras, através do Programa Petrobras Ambiental.

Dentre as diversas informações contidas na Cartilha, há orientações sobre a gestão dos efluentes gerados na produção dos peixes. Segundo a Cartilha, na truticultura, a principal fonte de poluição é a ração, tanto quando não é comida pelos peixes e é descarregada diretamente no corpo hídrico, como também, quando é consumida e descartada na forma de fezes. Portanto, a Cartilha indica que o maior impacto ambiental do efluente está relacionado aos sólidos em suspensão em sua composição.

A opção de sistema de tratamento de efluentes indicada pela Cartilha para pequenas truticulturas familiares são os tanques e lagoas de decantação (**Figura 13** e **Figura 14**). Essa orientação envolve o baixo custo de implantação e manutenção dessas estruturas de tratamento, pequeno tamanho associado a alta eficiência na remoção de sólidos em

suspensão e, também, menor complexidade de funcionamento deste método em comparação a outras opções existentes.



Figura 13: Esquema ilustrativo: Lagoa de Decantação. Fonte: TABATA e DA SILVA, 2012.

A estrutura proposta pela cartilha é uma lagoa de decantação, que deve ser construída a jusante dos tanques de produção e dimensionada de forma a manter um tempo de detenção da água de pelo menos 30 minutos. No exemplo oferecido pela cartilha, considera-se um truticultura abastecida por vazão de 360 m³/hora, dimensionando-se a lagoa a um volume de 180 m³. É indicado que as lagoas não devem ser muito fundas de forma a facilitar a decantação das partículas e a limpeza da estrutura.

A Cartilha também faz referência à limpeza periódica da estrutura, através da retirada do material decantado localizado ao fundo da lagoa, sugerindo que os resíduos podem ser aproveitados para adubar hortas e plantações.

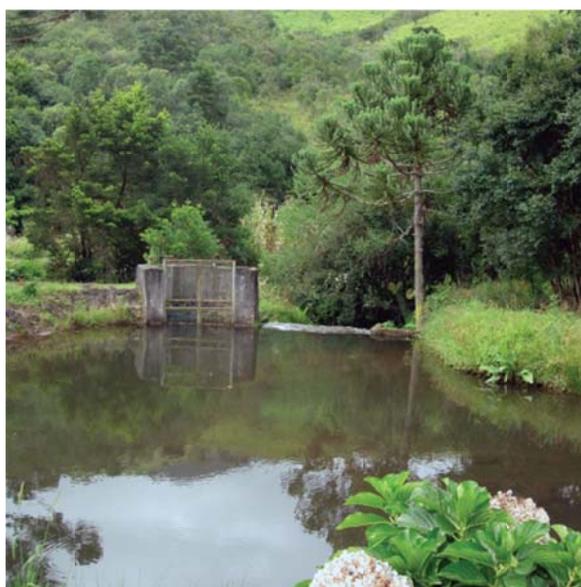


Figura 14: Lagoa de Decantação. Fonte: Fonte: TABATA e DA SILVA, 2012.

3.1.2. Guia “Small-Scale rainbow trout farming”

O Guia “*Small Small-Scale rainbow trout farming*” foi elaborado pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* – FAO, como uma publicação técnica a respeito da pesca e aquicultura. O objetivo desta cartilha é incentivar e dar suporte a iniciativas de famílias e comunidades residentes de áreas montanhosas da Europa e Ásia na criação de empreendimentos para a produção de trutas arco-íris. Considera-se o ganho social desta atividade, já que essas regiões geralmente apresentam alta taxa de pobreza associada a falta de empregos.

Essa publicação é um guia básico para implementar e operar com sucesso um sistema de pequena escala de criação de truta arco-íris, resumindo toda a informação técnica essencial para a atividade. Dentre as informações contidas no Guia temos uma seção de como implementar um sistema eficiente de tratamento de efluentes, considerando a necessidade de proteção dos recursos hídricos de regiões montanhosas e a manutenção do desenvolvimento lucrativo de sistemas de criação de trutas.

De acordo com o Guia, a criação de trutas em produção intensiva é uma atividade potencialmente poluidora do meio ambiente. De forma a reduzir, ou até evitar, a poluição ambiental, o efluente da produção deve ser tratado física e biologicamente. Após o tratamento físico, o efluente deve passar pelo tratamento biológico, que pode ser dispensado se o efluente for encaminhado para um Wetland ou usado para irrigação.

O tratamento físico do efluente será responsável pela remoção de sólidos suspensos, como as partículas de ração não consumidas e fezes. Esse processo reduzirá consideravelmente a DBO do efluente tratado a ser descartado ao corpo hídrico receptor. Dentre as opções de estruturas para o tratamento físico do efluente estão: utilização de telas que ajam como peneiras, tanques de decantação e ciclones (**Figura 15**). Em decantadores retangulares, a velocidade da água deve ser inferior a 3 cm/seg de forma a garantir a sedimentação da maior parte dos sólidos suspensos do efluente. O lodo acumulado pode ser utilizado como fertilizante orgânico.

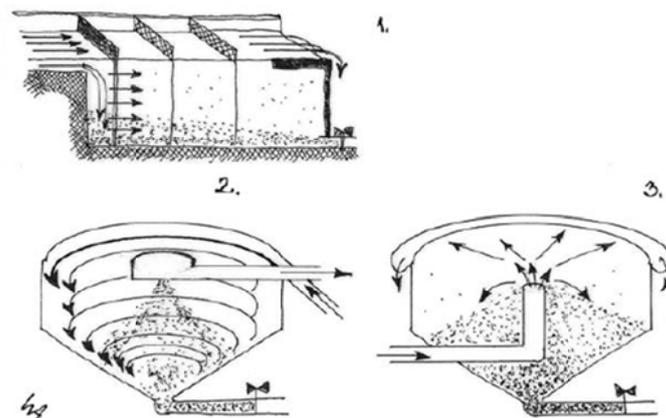


Figura 15: Tanques de Sedimentação – 1. Decantador retangular com telas para filtração 2. Hidrociclone aberto ou centrífuga 3. Decantador de fluxo radial. Fonte: Adaptado de FAO, 2011.

O tratamento biológico deve seguir o tratamento físico do efluente. Os filtros biológicos, ou biofiltros, são aqueles que vão reduzir ainda mais a DBO e removerão amônia e nitrito. O mecanismo da biofiltração é baseado no metabolismo de bactérias capazes de oxidar compostos nitrogenados. Essas bactérias se desenvolvem na superfície de objetos dentro da água. Portanto, quanto maior a superfície disponível para a bactéria se desenvolver, mais significativa será a biofiltração.

Existem opções de estruturas de biofiltros construídos (**Figura 16**) e, também, de biofiltros naturais, como wetlands e áreas irrigadas (**Figura 17**). Muitas vezes, diversas alternativas são utilizadas em combinação.

O tamanho do biofiltro deve ser proporcional à produção de peixes, ou, mais precisamente, à quantidade de ração aplicada aos tanques de produção. O tamanho do biofiltro é determinado pela superfície na qual as bactérias poderão se desenvolver. De acordo com o Guia, 1 kg de ração requer uma superfície de 200 m² no biofiltro. O material utilizado como meio suporte para o desenvolvimento das bactérias pode variar entre pedregulhos, cascalho, lascas de pedra, inclusive, plásticos em formatos diferenciados.

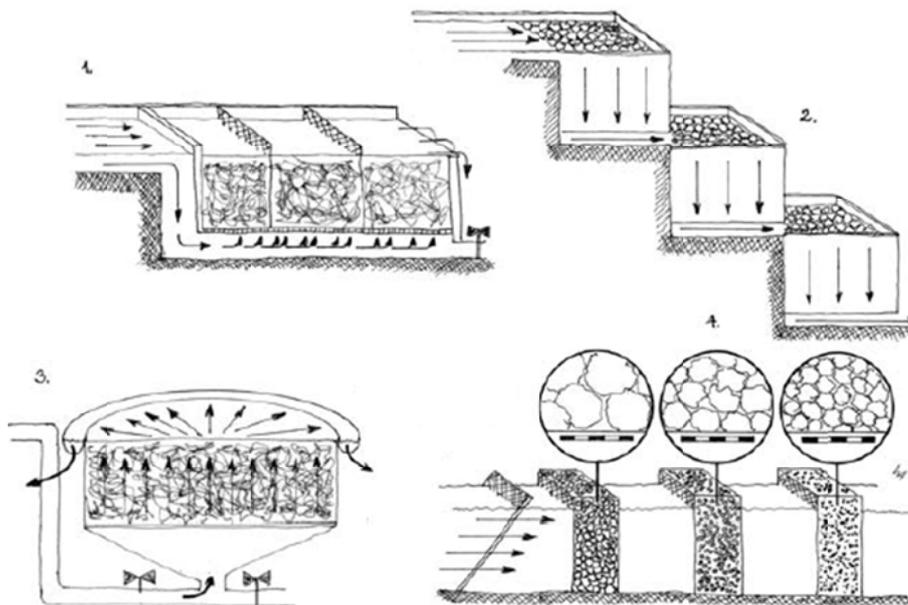


Figura 16: Filtros Biológicos – 1. Filtro biológico em tanque 2. Filtro composto em declive 3. Ciclone 4. Pedregulhos podem ser usados como filtro físico e biológico. Fonte: Adaptado de FAO, 2011.

Efluentes da criação de trutas podem ser utilizados para irrigação, wetlands ou para organização de policulturas, como a criação de carpas. A construção e operação de uma estrutura para o tratamento físico do efluente é recomendado em todos os casos. Depois do tratamento físico, a água e o lodo podem ser usados separadamente para funções diversas.

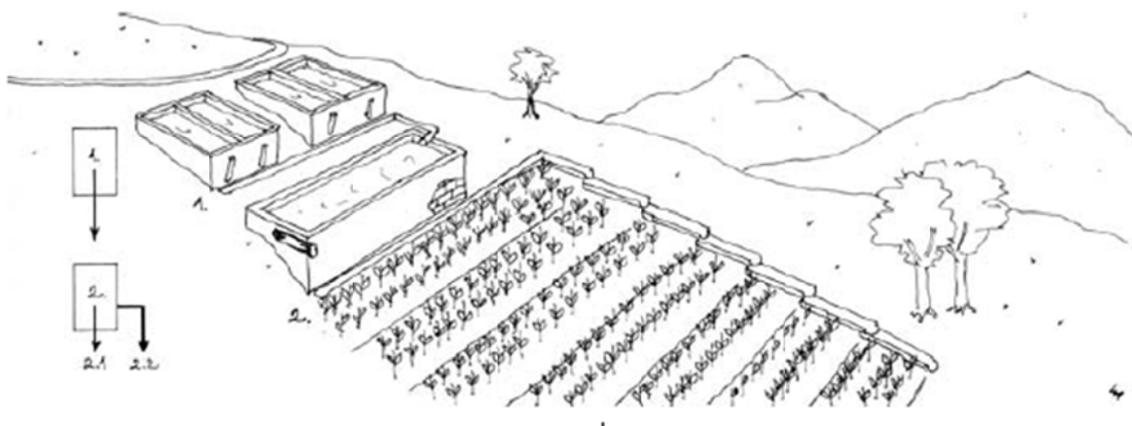


Figura 17: Wetland. 1. Unidade Produtora. 2. Filtro Mecânico (2.1. Efluente tratado fisicamente. 2.2. Lodo). Fonte: Adaptado de FAO, 2011.

Uma vazão de aproximadamente 1 L/seg de efluente tratado fisicamente é suficiente para irrigar 1 ha de terra, enquanto, de acordo com especialistas, os efluentes da produção de 10 ton de truta pode ser tratado e absorvido por 1000-2000 m² de wetland.

3.1.3. Artigo “Treatment of rainbow trout effluents in constructed wetlands with emergent plants and subsurface horizontal water flow”

O objetivo desta pesquisa era investigar o uso de um sistema adaptado de zona radiculares com plantas emergentes para o tratamento de efluentes de criação de truta arco-íris. A concepção e designs enfatizaram sistemas com pequenos tempos de detenção hidráulica. Esta pesquisa foi conduzida por pesquisadores do *Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries* em Berlim, na Alemanha, sendo publicada em 2003.

Segundo os autores, as tecnologias normalmente utilizadas para o tratamento de efluentes da aquicultura são baseadas principalmente na separação física dos sólidos para a clarificação do efluente. O método mais popular de separação de partículas é o tratamento por telas estáticas ou rotatórias, que atuam na filtração do efluente. Outro tratamento físico utilizado para efluente em fluxo contínuo é a sedimentação em tanques ou lagoas, onde os sólidos sedimentáveis com densidade maior que a água sedimentam e se separam dos materiais em suspensão. FLADUNG (1993 apud SCHULZ *et al.* 2003), utilizando lagoas de sedimentação com tempo de detenção hidráulica de 30 minutos, obteve remoção de 97% dos sólidos sedimentáveis e 34% de remoção de fósforo. A redução de nutrientes dissolvidos, como a amônia (que representa 90% do total de nitrogênio excretado), ureia, fósforo solúvel ou carbono, é muito pequena no uso de métodos físicos de tratamento.

Wetlands construídos representam um sistema de tratamento natural baseado na simbiose entre macrófitas (*Phragmites sp.*, *Typha sp.*, etc.) e micro-organismos (bactérias, fungos, algas), e sua interação com a química do solo. Recentemente, esse sistema de tratamento vem sendo desenvolvido e aplicado com sucesso ao tratamento de esgotos da agricultura, de municípios e de indústrias.

Dependendo da escolha de tipo de construção e função, sistemas de tratamento com macrófitas podem ser divididos em: lagoas com plantas flutuantes ou submersas e sem percolação do efluente pelo solo; sistemas radiculares com plantas emergentes e percolação completa do efluente pelo solo; sistemas hidrobotânicos associando as duas opções anteriores, lagoas e sistemas radiculares.

Os mecanismos bióticos e abióticos de purificação em wetlands construídos são baseados nos seguintes processos: (a) filtração e sedimentação, (b) degradação microbiana, (c) remoção bioquímica de nutrientes pelos rizomas das plantas, (d) adsorção e (e) precipitação e fixação química por parcelas reativas do solo.

À época do estudo, o tratamento de efluentes da aquicultura de sistemas de fluxo contínuo de água fria usando wetlands construídos ainda não havia sido investigado. (SCHULZ e RENNERT, 2000 apud SCHULZ *et al.* 2003) relataram que a concentração de nutrientes em efluentes da truticultura é, geralmente, 50 vezes menor que o de efluentes municipais. Para o Trabalho, é construída a hipótese de que se utilizando uma carga de nutrientes similar, à comum para efluentes municipais, o tempo de detenção hidráulica para wetlands construídos para tratamento de efluentes da truticultura pode ser diminuído significativamente.

Os wetlands utilizados no âmbito deste estudo foram os de sistemas radiculares de fluxo subterrâneo com plantas emergentes e percolação horizontal do efluente (**Figura 18**). Os sistemas foram dimensionados com largura de 1,40m, comprimento de 1,00m, e altura de 0,7 m. A construção das três estruturas utilizadas no estudo foram concluídas em março de 2000 e foram plantadas com 20 mudas de caniço-de-água (*Phragmites australis*) por metro quadrado.

Para garantir a permeabilidade dos sistemas radiculares carregados com grandes volumes de efluentes, o tamanho das partículas do solo ou a área de solo por metro cúbico de efluente deve ser aumentada para garantir a percolação (BAHLO e WACH, 1993 apud SCHULZ *et al.* 2003). As células dos wetlands foram preenchidas com areias com partículas de 1-2 mm e porosidade de 0,45. De forma a garantir o fluxo horizontal pelo sistema, os primeiros 10 cm da seção de entrada foram preenchidos com cascalho grosso de 16-32 mm e porosidade de 0,65. O fundo da seção de saída também

foi preenchido com cascalho grosso para facilitar a drenagem do efluente tratado. Um tubo vertical foi implantado de forma a manter um nível d'água de 65 cm no sistema.

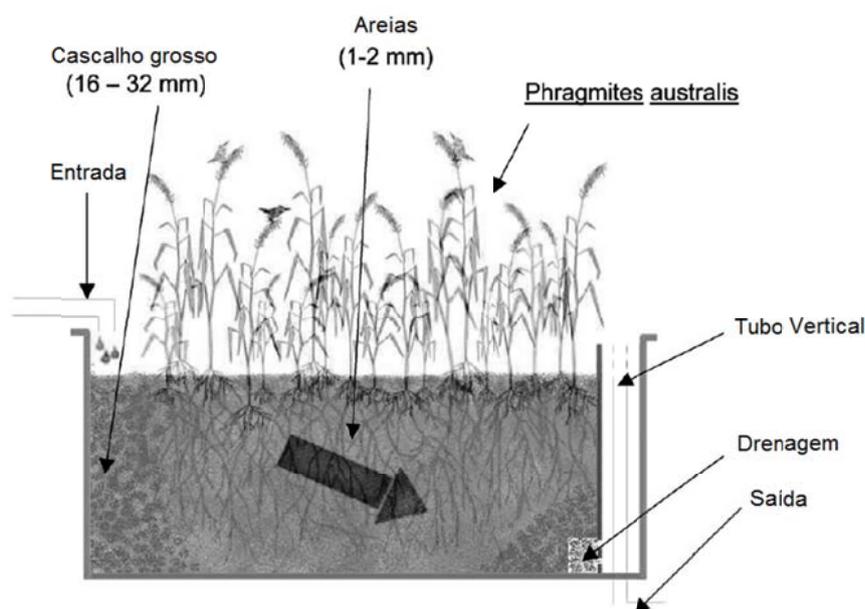


Figura 18: Design utilizado no estudo do sistema radicular do wetland construído com fluxo horizontal e plantas emergentes; substrato maior na entrada e saída para facilitar distribuição do efluente e drenagem do efluente tratado. Fonte: Adaptado de SCHULZ *et al.*, 2003.

O estudo foi conduzido com um sistema de triticultura modelo composto por um tanque de volume aproximado de 2 m^3 ($2,80 \times 0,9 \times 0,8$; Largura x Comprimento x Altura) e abastecimento de água de 9 L/min . A aeração da água era realizada com ar comprimido. Os wetlands foram alimentados com três diferentes vazões de efluente da triticultura: 1 L/min ($\text{TDH}_1 = 7,5 \text{ hr}$), 3 L/min ($\text{TDH}_2 = 2,5 \text{ hr}$), 5 L/min ($\text{TDH}_3 = 1,5 \text{ hr}$).

O estudo demonstrou que wetlands construídos de fluxo subsuperficial podem ser utilizados para o tratamento dos efluentes de sistemas de triticultura de fluxo contínuo. Os nutrientes do efluente bruto foram reduzidos em todos os experimentos nos wetlands, alimentados continuamente. A redução dos sólidos suspensos totais (SST) e DQO foi de $95,8 - 97,3\%$ e $64,1 - 73,8\%$, respectivamente, não mostrando correlação com a carga hidráulica aplicada. As taxas de remoção de nitrogênio total e fósforo total variaram entre $20,6 - 41,8 \%$ e $49,0 - 68,7 \%$, respectivamente, e proporcionalmente a tempos de residência decrescentes. No entanto, uma alta carga de poluentes associada a sistemas de fluxo subsuperficial poderá influenciar a remoção de nutrientes em longo prazo, devido à colmatação dos poros do solo. As taxas de remoção obtidas demonstraram que wetlands construídos com grandes cargas hidráulicas reduziram a

concentração de poluentes a níveis similares ou superiores ao atingido por tratamentos físicos, como a filtragem e tanques de sedimentação. Portanto, wetlands construídos são alternativas viáveis para o tratamento de efluentes da triticultura.

3.2. Vazão de Projeto

3.2.1. Metodologia

De forma a determinar a vazão de projeto, foi utilizado o método da medição direta. Neste método mede-se o tempo gasto para encher um recipiente de volume conhecido através do uso de um cronômetro. A vazão é determinada dividindo-se o volume do recipiente pelo tempo requerido para o seu enchimento. Chama-se vazão ou descarga líquida, numa determinada seção, o volume que atravessa esta seção na unidade de tempo, conforme **Equação 1** abaixo:

$$Q = \frac{V}{T} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo: Q = vazão (L/s); V = volume (L); e T = tempo (s).

3.2.2. Resultados

Na primeira campanha de medição de vazão foi utilizado um recipiente de aproximadamente 20 L. O procedimento de enchimento do recipiente foi realizado 10 vezes, obtendo-se os seguintes tempos: 1,08 / 1,10 / 0,95 / 0,98 / 0,94 / 1,07 / 1,05 / 0,99 / 1,02 / 1,01 segundos. A média simples dos tempos foi de 1,019 s. Portanto, aplicando a **Equação 1**, temos uma vazão de:

$$Q = \frac{20 \text{ L}}{1,019 \text{ s}} = 19,6 \text{ L/s}$$

Nesta campanha, foi constatado que a turbulência gerada pelo enchimento do reservatório atrapalhava a determinação do momento certo para interrupção do cronômetro, que levava a incertezas na determinação da vazão.

Para a segunda campanha foi utilizado um recipiente de volume aproximado de 80 L. Os tempos de enchimento do recipiente foram: 3,35 / 3,25 / 3,01 / 2,95 / 2,51 / 2,93 /

1,05 / 3,16 / 2,78 / 2,71. A média simples dos tempos foi 3,006 s. Aplicando a **Equação 1**:

$$Q = \frac{80 \text{ L}}{3,006 \text{ s}} = \mathbf{26,6 \text{ L/s}}$$

Na terceira campanha foram obtidos os tempos a seguir no enchimento do reservatório de 80 L: : 3,51 / 3,25 / 3,02 / 3,73 / 3,41 / 3,97 / 3,15 / 3,16 / 3,36 / 3,04. Aplicando a média simples dos tempos na **Equação 1**, temos:

$$Q = \frac{80 \text{ L}}{3,360 \text{ s}} = \mathbf{23,8 \text{ L/s}}$$

Em função dos resultados de medição de vazão, foi determinada a vazão de 26,6 L/s como vazão máxima efluente aos tanques de produção. Para o estudo de concepção das estruturas do sistema de tratamento de efluentes será utilizada esta vazão máxima encontrada, de forma a produzir dimensionamento mais conservador, prezando pela segurança do sistema.

3.3. Projeto do Sistema de Tratamento de Efluentes

Esta seção compreende a elaboração do projeto do Sistema de Tratamento de Efluentes do empreendimento Trutas da Lapa, onde serão definidos os processos de tratamento, a disposição e dimensionamento das unidades de tratamento.

De acordo com o Referencial Teórico abordado no item 3.1., concluí-se que o efluente de criação de trutas arco-íris deve passar por dois processos de tratamento: o tratamento físico e o tratamento biológico.

Em função do tratamento físico, deve ser implementada uma estrutura de forma a decantar, ou seja, separar, os sólidos presentes no efluente. Nesse sentido, se optou pela implementação de um tanque de decantação retangular de escoamento longitudinal, por se considerar essa opção mais viável do ponto de vista técnico e econômico, tanto na fase de implantação quanto na fase de operação, possibilitando o emprego de mão de obra de menor qualificação. Será prevista limpeza manual do lodo, pois o uso de

raspadores mecanizados necessitaria instalações de energia elétrica não disponíveis no local, além de se tratarem de equipamentos de custo elevado.

Na seção 3.3.2.1. Tanque de Decantação Conceitual será apresentado o dimensionamento realizado com base na norma técnica ABNT NBR 12.209/1992 – Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. No entanto, após esse primeiro dimensionamento, os empreendedores do Trutas da Lapa realizaram uma série de observações relativas às suas limitações para a implantação do Tanque de Decantação proposto. Dentre as dificuldades apresentadas constam: grande altura do tanque; implementação do poço de acumulação de lodo, que necessitaria de escavação do terreno; grande comprimento do tanque, levando à necessidade de nivelamento de grande área do terreno, que apresenta declividade acentuada. Essas questões, somadas às restrições associadas à APP, levaram a necessidade de revisão da concepção da estrutura, de forma a se adaptar as limitações levantadas pelos empreendedores, considerando novos conceitos e prioridades.

Considerou-se como prioridade da nova concepção o desenvolvimento de uma estrutura compacta e com alta eficiência em remoção de sólidos. De forma a aumentar a eficiência do TD, mesmo reduzindo seu volume e área superficial, foi proposta a implantação de chicanas. Essa consideração foi baseada na observação de que o efluente da truticultura é propenso à formação de flocos, conforme pode ser observado na **Figura 19**. Por fazer o fluido percorrer um caminho cheio de mudanças de direção, as chicanas impõem resistência hidráulica ao escoamento, gerando perda de carga e, conseqüentemente, um retardamento do escoamento.



Figura 19: Flocos presentes no efluente da truticultura Trutas da Lapa.

Em função da redução das dimensões do Tanque de Decantação, o tempo de detenção hidráulica (TDH) nesta estrutura será inferior aos 30 minutos preconizados na “Cartilha Boas Práticas na Truticultura”. No entanto, entende-se que a proposta da Cartilha para o tratamento de efluentes da truticultura seria somente a aplicação do efluente em estrutura de decantação. Como o projeto do Sistema de Tratamento de Efluentes do Trutas da Lapa foi concebido em diversas etapas, contemplando um Filtro Anaeróbico e um Wetland, que também apresentam capacidade de remoção de sólidos, supõe-se que um TDH reduzido no Tanque de Decantação não será prejudicial para a qualidade final do efluente tratado.

Para o tratamento biológico, os estudos considerados no Referencial Teórico propõem duas opções: a implantação de biofiltros construídos ou biofiltros naturais, como os wetlands. Em visita ao empreendimento, foi identificada área pantanosa nas adjacências das estruturas de lançamento de efluentes e do Córrego Brejo da Lapa, portanto, se optou pela adequação dessa área em um Wetland.

Tomou-se como prioridade da concepção a preservação do ecossistema da área pantanosa e dos remanescentes florestais da mata ciliar do Córrego Brejo da Lapa, que se encontra em processo de regeneração. Embora o projeto proposto esteja subdimensionado em relação às indicações presentes no Referencial Teórico, espera-se

que toda a área pantanosa (aproximadamente 1500 m²) atue no tratamento de efluentes através de processos naturais, desde que promovida percolação e distribuição do efluente na área, evitando caminhos preferenciais para o fluxo hídrico. Espera-se, ainda, que os nutrientes presentes no efluente tragam benefícios para a flora local, promovendo a recuperação da área e possível recomposição da mata ciliar do Córrego Brejo da Lapa.

Em adição ao tratamento biológico a ser realizado no Wetland, os empreendedores levantaram a possibilidade de instalação de um Filtro Anaeróbico. Dessa forma, foi projetado um Filtro compacto em associação ao Tanque de Decantação, em fluxo horizontal descendente. No entanto, a capacidade de digestão anaeróbia da estrutura projetada foi questionada, visto que a mesma apresentará TDH muito inferior ao descrito na ABNT NBR 13.969/1997 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Embora essa informação tenha sido apresentada aos empreendedores do Trutas da Lapa, os mesmos decidiram por proceder com a implantação do Filtro. Essa decisão se deu com base na experiência de outros truticultores locais, que no caminho para a regularização ambiental, foram instruídos na instalação de filtros anaeróbicos.



Figura 20: Área pantanosa e lagoa de decantação (fora de operação).

Os empreendedores já haviam construído pequena lagoa de decantação para atuar na decantação dos sólidos dos efluentes enquanto o Sistema de Tratamento de Efluentes não era implantado. Como a estrutura já se encontra construída, o projeto do Sistema de Tratamento deve incorporar essa lagoa em sua concepção, sendo utilizada como indicativo da eficiência de remoção de sólidos do tratamento físico do efluente. Ou seja, o acúmulo de sólidos na lagoa indicará baixa eficiência do tratamento físico, momento de limpeza ou manutenção em suas estruturas. Além disso, a lagoa atuará na distribuição da corrente hídrica do efluente na área do Wetland.

3.3.1. Premissas do Projeto

O dimensionamento será realizado para a vazão máxima calculada no item 3.2. Definição da Vazão de Projeto, considerando descarga em regime de vazão constante. Deverá ser prevista canalização de desvio e dispositivos de isolamento das unidades de tratamento de forma a permitir a manutenção das mesmas.

As unidades devem ser dispostas de modo a garantir o escoamento por gravidade, desde a entrada do efluente no Sistema de Tratamento à descarga do efluente no corpo receptor, de forma a reduzir os custos operacionais relacionados. Além disso, o projeto deve permitir que o Sistema de Tratamento de Efluentes seja implantado em etapas, sem necessidade de paralisação do funcionamento da parte inicialmente construída. Essa questão se faz necessária por tratar-se de um empreendimento familiar com baixo potencial de investimento, portanto o cronograma da execução em etapas deverá ser definido pelos próprios empreendedores levando em conta fatores técnicos, econômicos e financeiros.

Neste Projeto não serão previstos o tratamento e destino final do lodo produzido pelo tratamento de efluentes da truticultura em questão.

3.3.1. Disposição das Estruturas

As estruturas do projeto do Sistema de Tratamento de Efluentes da truticultura Trutas da Lapa serão dispostas em sequência, conforme **Figura 21**.

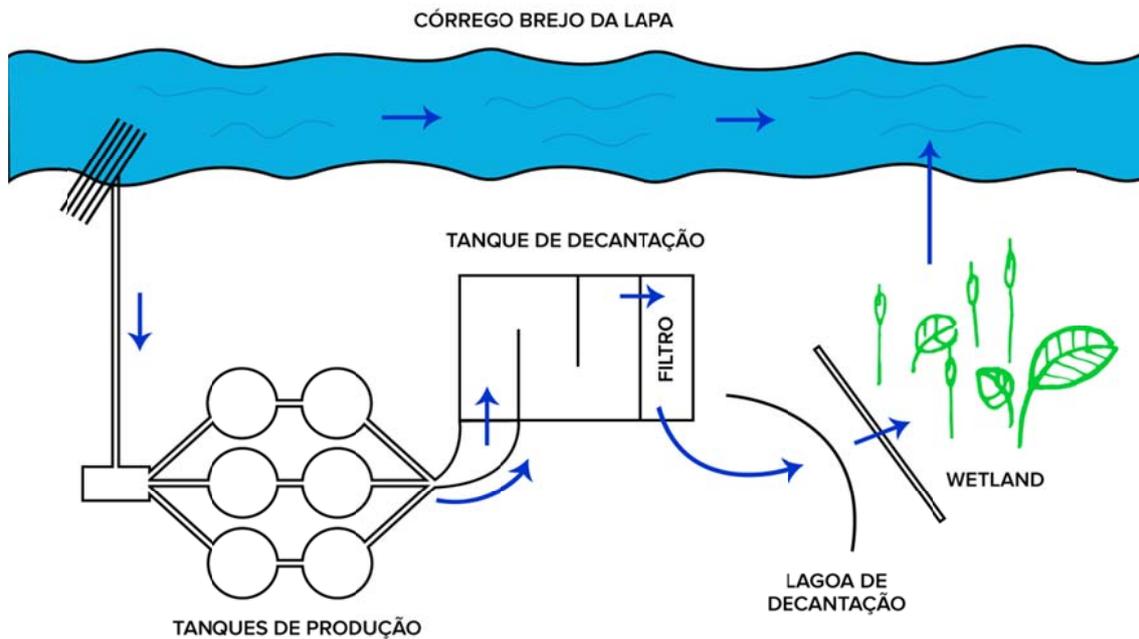


Figura 21: Esquemático representativo do Sistema de Tratamento de Efluentes.

3.3.2. Estruturas de Tratamento

3.3.2.1. Tanque de Decantação Conceitual

Dados gerais da concepção:

- Descritivo:

Nesta seção será apresentado o projeto de um Tanque de Decantação Conceitual, dimensionado para tratamento de esgotos domésticos, segundo a norma técnica pertinente. O Tanque de Decantação é uma estrutura destinada à remoção de partículas presentes na água, pela ação da gravidade. Os efluentes fluem com baixa velocidade no tanque, permitindo que os sólidos em suspensão de maior densidade sedimentem gradualmente no fundo, formando o lodo.

- Normas:

Para a concepção do projeto do Tanque de Decantação foi utilizada a norma técnica ABNT NBR 12.209/1992 – Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Além disso, serão considerados conceitos teóricos e boas práticas relacionadas ao tratamento de água, elencadas na ABNT NBR 12.216/1992 – Projeto de estação de tratamento de

água para abastecimento público. A aplicação das normas será feita em conjunto com as informações técnicas levantadas no item 3.1 Referencial Teórico deste Trabalho.

Metodologia de dimensionamento:

- Tanque de decantação:

A taxa de escoamento superficial (TAS) a ser aplicada no decantador primário é determinada pela **Equação 2**:

$$TAS = \frac{Q}{AS} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo: TAS: taxa de escoamento superficial ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$); Q: vazão de projeto (m^3/dia); AS: Área superficial do decantador (m^2).

Para a determinação da área superficial da estrutura deve-se utilizar como parâmetro a taxa de escoamento superficial definida pelo item 6.1.3.2. da NBR 12.209/1992. A NBR 12.209/1992 impõe três condições para a adoção da taxa de escoamento superficial para decantadores primários de esgotos:

- a) até $60 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, só tratamento primário;
- b) até $80 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, seguido de filtros biológicos;
- c) até $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, seguido de lodos ativados.

Para decantadores retangulares a relação comprimento e largura (L/B), conforme **Figura 22**, deve ser superior a 2:1, sendo típicos valores na faixa de 3:1 a 4:1, ou mais.

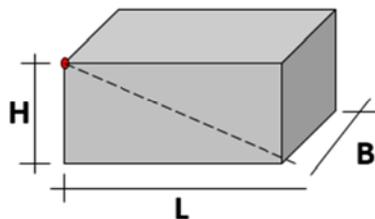


Figura 22: Esquemático das dimensões do Tanque de Decantação.

O tempo de detenção hidráulica (TDH) dos decantadores primários é determinado pela **Equação 3**:

$$TDH = \frac{Volume}{Q} \quad \text{Equação 3}$$

Sendo: TDH: tempo de detenção hidráulica (s); Volume: Volume útil do decantador (m^3); Q: vazão de projeto (m^3/s).

A NBR 12.209/1992 recomenda tempo de detenção superior a 1,0 hora, com base na vazão máxima de esgotos e inferior a 6,0 horas, com base na vazão média. No entanto, considerando as informações expostas no Referencial Teórico, especificamente na “Cartilha Boas Práticas na Truticultura”, o tempo de detenção hidráulica a ser utilizado para o dimensionamento do decantador é de 30 minutos. O volume do decantador deve ser obtido através da fórmula acima.

Obtendo-se área e volume, pode-se calcular a profundidade útil dos decantadores, através da **Equação 4** abaixo:

$$H_{\text{útil}} = \frac{Volume}{AS} \quad \text{Equação 4}$$

Sendo: $H_{\text{útil}}$: altura do nível d’água no interior do decantador (m); Volume: Volume útil do decantador (m^3); AS: Área superficial do decantador (m^2).

A NBR 12.209/1992 estabelece que a altura útil mínima para um decantador primário sem remoção mecanizada de lodo deve ser igual ou superior a 0,5 m.

Após, dimensionamento da estrutura, deverá ser verificada a velocidade longitudinal de escoamento através da **Equação 5** abaixo:

$$v_{\text{longitudinal}} = \frac{Q}{AT} \quad \text{Equação 5}$$

Sendo: $V_{\text{escoamento}}$: velocidade de escoamento longitudinal (m^2/s); Q: vazão de projeto (m^3/s); AT: Área da seção transversal do decantador (m^2).

Em relação ao dimensionamento de vertedores, deve-se prezar para a garantia de vazão uniforme ao longo deles e, de acordo com a 12.209/1992, a taxa de escoamento através do vertedor (**Equação 6**) de saída de decantadores primários não deve exceder 720m³/d.m.

$$Tx_{escoamento} = \frac{Q}{L} \quad \text{Equação 6}$$

Sendo: $Tx_{escoamento}$: velocidade de escoamento longitudinal (m³/d.m); Q: vazão de projeto (m³/d); L: comprimento do vertedor (m).

Na NBR 12.209/1992 é especificado, para decantadores retangulares com remoção mecanizada de lodo, que a velocidade de escoamento longitudinal deve ser igual ou inferior a 50 mm/s. Como não é determinada na norma a velocidade de escoamento longitudinal para decantadores retangulares sem remoção mecanizada de lodo, o dado especificado acima será considerado no âmbito deste dimensionamento. O Guia “*Small-Scale rainbow trout farming*” também traz considerações a respeito da velocidade de escoamento no interior do decantador, limitando-a a 3 cm/s.

A NBR 12.209/1992 especifica no item 6.1.3.6 que o tanque deve ser equipado com tubulação de remoção de lodo com diâmetro mínimo de 150 mm. A tubulação de transporte de lodo por gravidade deve ter declividade mínima de 3%. Além disso, também é necessária a implantação de poço de acumulação de lodo no fundo do decantador, com paredes de inclinação igual ou superior a 1,5 na vertical para 1,0 na horizontal, terminando em base inferior com dimensão horizontal mínima de 0,6 m.

- Seção de Entrada:

De acordo com a NBR 12.216/1992, a entrada de água nos decantadores deve ser feita por dispositivo hidráulico capaz de distribuir a vazão uniformemente, através de toda a seção transversal, e garantir velocidade longitudinal uniforme. A seção de entrada do efluente no decantador deve, portanto, ser diferenciada, com a função de evitar escoamentos preferenciais.

A norma define as seguintes condições para o projeto da cortina perfurada a ser instalada na seção de entrada do decantador:

a) ter o maior número possível de orifícios uniformemente espaçados segundo a largura e a altura útil do decantador; a distância entre orifícios deve ser igual ou inferior a 0,50 m;

b) estar situada a uma distância “d” da entrada, calculada pela **Equação 7**:

$$d = 1,5 * \frac{a}{A} * H \quad \text{Equação 7}$$

Sendo: a = área total dos orifícios (m²); A = área da seção transversal do decantador (m²); H = altura útil do decantador (m²).

c) gradiente de velocidade nos orifícios iguais ou inferiores a 20 s⁻¹;

d) quando a parede da cortina tem espessura inferior à dimensão que caracteriza as aberturas de passagem da água, estas devem receber bocais de comprimento pelo menos igual à referida dimensão;

e) a câmara de entrada que antecede a cortina deve ser projetada de modo a facilitar a sua limpeza;

f) relação a/A igual ou inferior a 0,5.

Resultados:

De forma a consolidar os resultados obtidos no dimensionamento do Tanque de Decantação Conceitual, a **Figura 23** traz um esquemático da estrutura.

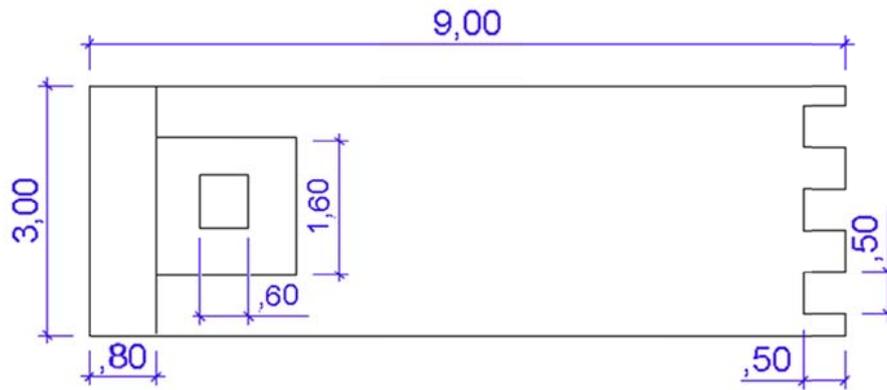


Figura 23: Esquemático do Tanque de Decantação Conceitual (em planta).

- Tanque de decantação:

Utilizando $TAS = 80 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, considerando que o efluente seguirá para tratamento biológico após o tanque de decantação, na **Equação 2**, temos:

$$AS = \frac{Q}{TAS} = \frac{2298,24}{80} \text{ m}^2$$

$$AS = 28,73 \text{ m}^2$$

Baseando-se na relação L/B de 3:1, teremos:

$$AS = B * L = 3B^2 \therefore 3B^2 = 28,73 \text{ m}^2$$

$$B \cong 3,00 \text{ m e } L \cong 9,50 \text{ m}$$

Considerando um TDH = 30 minutos = 1800 s e a **Equação 3**:

$$TDH = \frac{\text{Volume}}{Q} \therefore \text{Volume} = TDH * Q$$

$$\text{Volume} = 1800 * 0,0266 \text{ m}^3 = 47,88 \text{ m}^3$$

Utilizando-se dos parâmetros encontrados acima e da **Equação 4**:

$$H_{\text{útil}} = \frac{\text{Volume}}{AS} = \frac{47,88}{28,5} \text{ m}$$

$$H_{\text{útil}} \cong 1,7 \text{ m}$$

Portanto, o vertedor do tanque de decantação projetado será localizado à uma altura de 1,7 m do fundo do tanque. De forma a manter uma borda livre na estrutura, a altura total do tanque será fixada em 2,0 m.

Através da **Equação 5**, verifica-se a velocidade de escoamento longitudinal na estrutura considerando o dimensionamento proposto:

$$v_{longitudinal} = \frac{Q}{AT} = \frac{Q}{H_{\acute{u}til} * B}$$

$$v_{longitudinal} = \frac{0,0266}{1,7 * 3,0} = 0,0052 \frac{m}{s} = 5,20 \frac{mm}{s}$$

Concluí-se que a velocidade longitudinal encontrada é menor que 30 mm/s, estando de acordo com a NBR 12.209/1992 e com o Guia “*Small-Scale rainbow trout farming*”.

Para o vertedor, de acordo com a **Equação 6** e os parâmetros de projeto, temos:

$$Tx_{escoamento} = \frac{Q}{l} \therefore l = \frac{Q}{Tx_{escoamento}}$$

$$l_{\min} = \frac{2298,3}{720} = 3,2 \text{ m}$$

Como o valor encontrado supera a dimensão da base do tanque de decantação (B = 3 m) optou-se pela configuração exposta na **Figura 23**, que resultará num comprimento do vertedor l = 6 m.

Para o poço de acumulação de lodo tronco-piramidal, utilizando-se das regras impostas pela NBR 12.209/1992, propõe-se as dimensões apresentadas na **Figura 24**.

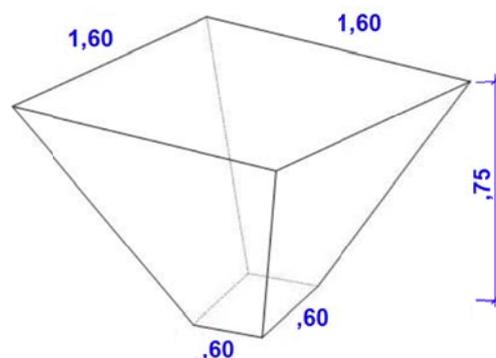


Figura 24: Esquemático do poço de acumulação de lodo

- Seção de Entrada:

De forma a implantar os orifícios da cortina distribuidora serão utilizadas tubos de PVC de 180 mm de diâmetro. Considerando-se o dimensionamento da seção transversal realizado no item anterior e utilizando-se a relação a/A igual a 0,25, temos:

$$\frac{a_{\text{mínima}}}{AT} = 0,25 \therefore a = 0,25 * 1,7 * 3,0$$
$$a_{\text{mínima}} = 1,275m^2$$
$$a_{\text{circunferência}} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (0,18)^2}{4} = 0,025 m^2$$
$$a = 0,025 * 50 = 1,272 m^2$$

No sentido de garantir a área de orifícios calculada, deverão ser implantados 50 tubos de PVC, conforme **Figura 25** abaixo.

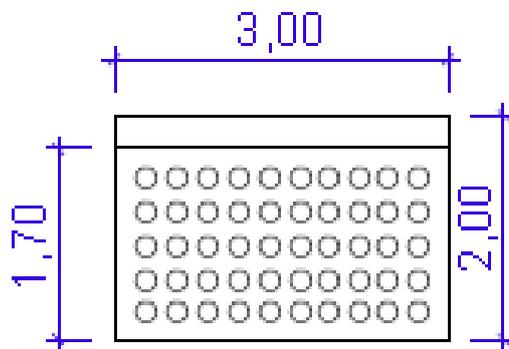


Figura 25: Esquemático da cortina distribuidora.

Através da aplicação da **Equação 7**, calcula-se a distância “d” da entrada do tanque até a cortina distribuidora:

$$d = 1,5 * \frac{1,59}{1,7 * 3,0} * 1,7$$
$$d \cong 0,8 m$$

- Materiais:

O materiais utilizados para a instalação do Tanque de Decantação serão: telas armadas soldadas em aço, concreto e tubos de PVC para as tubulações de remoção e transporte de lodo.

Dimensionamento:

As plantas do Tanque de Decantação estão apresentadas no **ANEXO 1** deste Trabalho.

O dimensionamento da estrutura foi baseado na prioridade de se projetar uma estrutura compacta que atendesse às limitações construtivas apresentadas pelos empreendedores do Trutas da Lapa. Desta forma, as dimensões do Tanque de Decantação foram definidas em conjunto com os empreendedores por decisão motivada. A cortina distribuidora do Tanque de Decantação foi projetada de forma a aproveitar a estrutura das telas de aço, que apresentam orifícios da malha.

Verificação Hidráulica-Sanitária:

A partir das dimensões estabelecidas para o Tanque de Decantação (B= 4,60 m; L = 5,70 m; H_{útil} = 0,80) será realizada verificação dos parâmetros de projeto, conforme equações apresentadas na seção de metodologia de dimensionamento do Tanque de Decantação Conceitual.

Aplicando-se a **Equação 2**, obtemos os seguintes resultados para a TAS da estrutura:

$$TAS = \frac{Q}{AS} = \frac{2298,24}{4,60 * 5,70} m^2$$

$$TAS = 87,65 m^3 / m^2.dia$$

O valor encontrado para a TAS é ligeiramente superior ao valor imposto pela NBR 12.209/1992, que limita a taxa de aplicação superficial à 80 m³/m².dia para decantadores primários seguidos de filtros biológicos.

Para o cálculo do TDH utiliza-se a **Equação 3**, conforme abaixo:

$$TDH = \frac{Volume}{Q} = \frac{20,976}{0,0266} = 788,57 \text{ s}$$

$$TDH = 13,15 \text{ minutos}$$

O TDH calculado se encontra inferior ao preconizado no Referencial Teórico, que indica o tempo de 30 minutos. No entanto, o efluente seguirá para tratamento em outras estruturas que também apresentam capacidade de remoção de sólidos, portanto, o TDH reduzido no Tanque de Decantação não deve comprometer qualidade final do efluente tratado.

Para o cálculo da velocidade longitudinal de escoamento, utiliza-se a **Equação 5**, conforme abaixo:

$$v_{longitudinal} = \frac{Q}{AT} = \frac{Q}{H_{\text{útil}} * B}$$

$$v_{longitudinal} = \frac{0,0266}{0,8 * 1,9} = 0,0175 \frac{m}{s}$$

$$v_{longitudinal} = 17,5 \frac{mm}{s}$$

O resultado do cálculo está de acordo com o descrito na NBR 12.209/1992 e no Guia “*Small Small-Scale rainbow trout farming*”, sendo inferior à 30 mm/s.

A taxa de escoamento longitudinal no vertedor do Tanque de Decantação é calculada através da **Equação 6**. O resultado obtido para o Tanque de Decantação supera o limite de 720 m³/d.m fixado pela NBR 12.209/1992.

$$Tx_{escoamento} = \frac{Q}{L} = \frac{2298,24}{2,15}$$

$$Tx_{escoamento} = 1068,95 \frac{m^3}{d * m}$$

Considerando o layout proposto para a cortina distribuidora do Tanque de Decantação chegamos a relação a/A calculada abaixo, dentro da faixa determinada pela NBR 12.209/1992.

$$a = 0,48 \text{ m}^2$$

$$\frac{a}{AT} = \frac{0,48}{0,80 * 1,9} = \mathbf{0,315}$$

A distância “d” entre a seção de entrada no Tanque de Decantação e a cortina distribuidora é calculada pela **Equação 7**, conforme abaixo. Esta distância será prevista no canal de entrada no Tanque de Decantação.

$$d = 1,5 * \frac{a}{A} * H$$

$$d = 1,5 * 0,315 * 0,8$$

$$\mathbf{d \cong 0,4 m}$$

3.3.2.3. Filtro Anaeróbico

Dados gerais da concepção:

- Descritivo:

O Filtro Anaeróbico concebido no âmbito do Sistema de Tratamento de Efluentes se configura como um tanque preenchido com meio filtrante, especificamente a brita. A estrutura consiste em um reator biológico onde o efluente é depurado por meio de micro-organismos dispersos tanto no espaço vazio do reator quanto nas superfícies do meio filtrante. Na configuração de fluxo horizontal-descendente, o efluente é distribuído na parte superior do filtro, imediatamente acima do meio filtrante, e após percorrer o comprimento da estrutura, é recolhido em sua parte inferior (**Figura 27**). O Filtro será implantado na lateral (B = 4,60 m) do Tanque de Decantação. Optou-se pela não construção de fundo falso no Filtro, sendo o volume do leito preenchido completamente por meio filtrante.

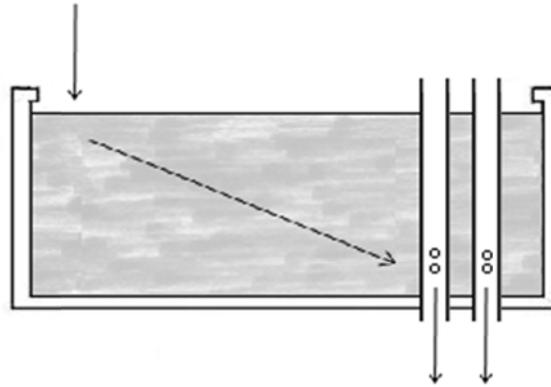


Figura 27: Esquemático do funcionamento do Filtro Anaeróbico (corte longitudinal).

- Normas:

A norma técnica utilizada na concepção do Filtro Anaeróbico foi a ABNT NBR 13.969/1997 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. No entanto, a norma foi utilizada como referencial para o dimensionamento, considerando que esta não é direcionada especificamente ao tratamento de efluentes da truticultura. Dessa forma, nem todos os critérios fixados pela normativa foram atendidos pela estrutura projetada.

- Materiais:

Os materiais utilizados para a instalação do Filtro Anaeróbico serão: telas armadas soldadas em aço, concreto e tubos de PVC, que serão utilizados para a tubulação exutória e tubulação de limpeza do Filtro. O material filtrante será a brita nº 4 ou nº 5.

Dimensionamento:

As plantas do Filtro Anaeróbico estão apresentadas no **ANEXO 1** deste Trabalho.

O dimensionamento da estrutura foi baseado na prioridade de se projetar uma estrutura compacta que atendesse às limitações construtivas apresentadas pelos empreendedores do Trutas da Lapa. Desta forma, as dimensões do Filtro Anaeróbico foram definidas em conjunto com os empreendedores por decisão motivada.

Verificação Hidráulica-Sanitária:

A partir das dimensões estabelecidas para o Filtro Anaeróbico (B= 1,10 m; C = 4,60 m; Hútil = 0,50) será realizada verificação dos parâmetros de projeto.

Segundo a NBR 13.969/1997, o volume útil do leito filtrante (V_U), em litros, é obtido pela equação abaixo:

$$V_U = 1,6 * N * C * TDH \quad \text{Equação 8}$$

Onde: N é o número de contribuintes (hab); C é a contribuição de despejos, em (L x hab/dia); T é o tempo de detenção hidráulica (dias).

O volume útil do leito filtrante do Filtro projetado é de 2,53 m³ ou 2530 L, estando de acordo com a NBR 13.969/1997, que define um V_U mínimo de 1000 L.

Aplicando-se a **Equação 8**, obtêm-se o seguinte TDH:

$$TDH = \frac{V_U}{1,6 * N * C} = \frac{V_U}{1,6 * Q}$$
$$TDH = \frac{2530}{1,6 * 2298240} = 0,000688 \text{ dias}$$
$$TDH = 0,000688 \text{ dias} \cong 1 \text{ minuto}$$

A NBR 13.969/1997 define, para vazões superiores a 9000 L/dia e temperatura média do mês mais frio inferior à 15°C, o tempo de detenção hidráulica de 0,75 dias (18 horas ou 1080 minutos) para do Filtro Anaeróbico. O valor de TDH encontrado para a estrutura projetada é três ordens de grandeza inferior ao preconizado na norma.

3.3.2.4. Wetland

Dados gerais da concepção:

- Descritivo:

Os wetlands são sistemas constituídos por lagoas ou canais rasos (menos de 1m de profundidade) vegetados com plantas aquáticas ou macrófitas. Estas estruturas se

baseam em processos naturais biológicos, físicos e químicos para o tratamento de efluentes. Dependendo do tipo do sistema, eles podem estar associados a diversos substratos, como brita, cascalho ou areia, para fixação da vegetação. São, portanto, sistemas projetados e construídos para proporcionar interação do efluente com a vegetação, substratos e micro-organismos. As propriedades dos wetlands incluem alta produtividade das plantas neles presentes, existência de grandes superfícies de adsorção no solo e nas plantas, e população microbiana ativa.

O projeto de Wetland do empreendimento Trutas da Lapa incorpora a área pantanosa, de aproximadamente 1500 m², presente na localidade, já que esta apresenta flora local e ecossistema compatíveis com as características de wetland. Nesse sentido foi concebido um projeto que pretende adequar a área pantanosa dos arredores do empreendimento em um Wetland, um sistema radicular com plantas emergentes. Esse sistema será composto de valas escavadas no solo, preenchidas por meios filtrantes e associadas a plantas nativas, criando uma estrutura capaz de promover o tratamento do efluente e sua distribuição pela área pantanosa.

- Normas:

A norma técnica utilizada como referencial para a concepção do projeto de Adequação do Wetland foi a ABNT NBR 13.969/1997 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. No entanto, a norma foi utilizada somente como referencial para a concepção, considerando que esta não é relacionada especificamente ao tratamento de efluentes da truticultura e a implantação de wetlands. Dessa forma, nem todos os critérios fixados pelas normativas foram atendidos pela estrutura projetada. Além disso, a aplicação da norma técnica foi feita em conjunto com as informações técnicas levantadas no item 3.1 Referencial Teórico deste Trabalho.

- Materiais:

Os meios filtrantes utilizados para a implantação do projeto de Adequação do Wetland serão pedras, pedregulhos e brita, materiais de alta condutividade hidráulica, de forma a evitar problemas de colmatção e entupimento da estrutura. A vegetação utilizada para

o plantio entre as valas serão indivíduos de espécies vegetais nativas, presentes na localidade.

Dimensionamento:

As plantas do projeto de Adequação do Wetland estão apresentadas no **ANEXO 2**.

O dimensionamento da estrutura foi baseado na prioridade de conservação da área pantanosa e da mata ciliar do Córrego Brejo da Lapa, visando propiciar a percolação e distribuição da vazão do efluente pela área, evitando fluxos preferenciais de escoamento e promovendo processos naturais de tratamento do efluente.

4. PROJETO IMPLANTADO

Conforme o item 3.3.1. Premissas do Projeto, que prevê a instalação em etapas do sistema de tratamento de efluentes, a primeira estrutura implantada foi o Tanque de Decantação, em associação ao Filtro, conforme **Figura 28**. As adaptações da área pantanosa em Wetland estão previstas para o primeiro semestre de 2017.



Figura 28: Sistema de Produção do Empreendimento Trutas da Lapa. Ao fundo, Tanque de Decantação e Filtro implantados no âmbito do Sistema de Tratamento de Efluentes.

O Tanque de Decantação (TD), apresentado na **Figura 29**, foi implantado segundo o projeto do ANEXO 1. O canal, seção de entrada e vertedor do TD estão apresentadas nas **Figura 30** e **Figura 31**.



Figura 29: Tanque de Decantação (TD).

Foram verificadas algumas pequenas divergências de dimensões da estrutura implantada em relação ao projeto, devido a questões construtivas. Observou-se uma curva no canal de entrada do TD que gera turbulências na seção de entrada do mesmo. No entanto, considerou-se essa questão irrelevante para fins de avaliação.



Figura 30: Vertedor do TD em operação.



(A)

(B)

Figura 31: Canal e Seção de Entrada do Tanque de Decantação. (A) Não operante (B) Em operação.

Das estruturas projetadas para o Sistema de Tratamento de Efluentes, somente o Tanque de Decantação se encontra em operação atualmente. Conforme já mencionado, o poder de investimento dos empreendedores do Trutas da Lapa é limitado e o acesso ao local é precário, questões que acabaram por prejudicar a aquisição da brita necessária para a finalização da implantação do Filtro. A estrutura do Filtro se encontra parcialmente implantada, como pode ser observado na **Figura 32**.



Figura 32: Filtro Anaeróbio e Vertedor do TD (fora de operação).

As intervenções e manutenção na Lagoa de Decantação, estrutura subsequente ao Filtro Anaeróbio no tratamento de efluente, ainda não foram realizadas. No momento de aquisição do material para a finalização do Filtro, os empreendedores procederão com a manutenção na Lagoa de Decantação.



Figura 33: Desvio do efluente tratado para a área pantanosa e Vista lateral da estrutura implantada (TD em associação ao Filtro Anaeróbio).

A vazão efluente do Tanque de Decantação está sendo desviada diretamente para a área pantanosa (**Figura 33** e **Figura 34**), seguindo por gravidade até o ponto de descarte do efluente no Córrego Brejo da Lapa (**Figura 35**).



Figura 34: Desvio do efluente tratado para a área pantanosa.

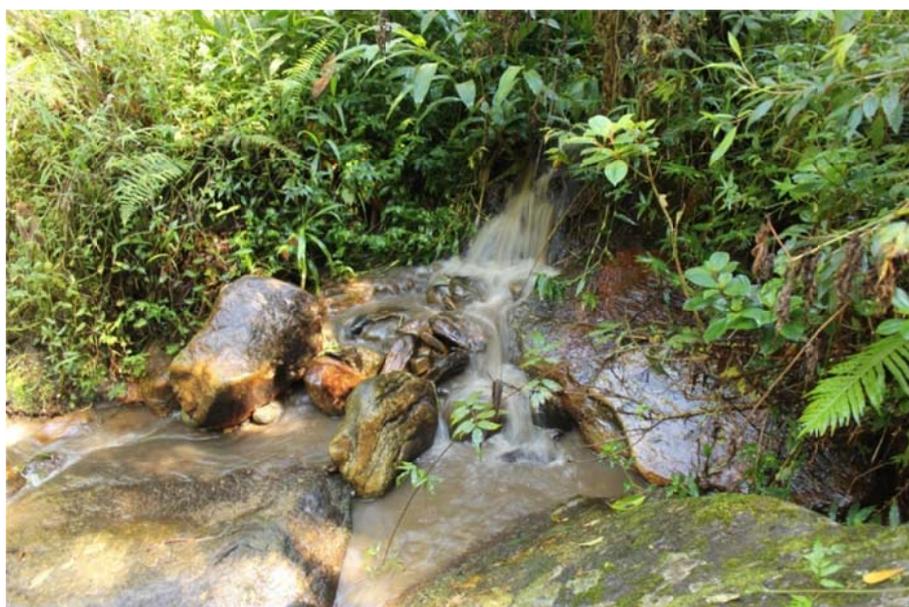


Figura 35: Ponto de descarte do efluente tratado.

5. AVALIAÇÃO

Neste capítulo será avaliada a efetividade do sistema de tratamento de efluentes da truticultura implantado no empreendimento Trutas da Lapa, especificamente o Tanque de Decantação, estrutura que se encontra em operação atualmente. A avaliação será baseada no monitoramento ambiental de qualidade da água em pontos de amostragem definidos de forma a acompanhar a eficiência de remoção do sistema de tratamento de efluentes e os impactos na qualidade da água do corpo hídrico receptor do efluente.

5.1. Metodologia

5.1.1. Parâmetros e Periodicidade

Foram realizadas amostras com periodicidade aproximada quinzenal, em pontos de monitoramento estabelecidos, no período de junho a agosto de 2016. As campanhas foram iniciadas após a limpeza de lodo no do Tanque de Decantação, realizada em 29/05/2016. A **Tabela 8** traz o calendário de campanhas do monitoramento realizado no sistema de tratamento de efluentes do empreendimento, apresentando as condições de coleta relativas à cada campanha. As amostras foram coletadas em recipientes plásticos de 1 L após rinsagem (**Figura 36**).

Tabela 8: Distribuição das campanhas de monitoramento realizadas.

Campanha	Data	Condições de Coleta
1	05/06/2016	Amostra composta. Início da amostragem 15 minutos após a alimentação dos peixes, das 17 às 20 horas a cada 30 minutos. Foi utilizado recipiente de 200 ml para cada coleta. O tempo estava chuvoso na semana e no momento da coleta.
2	19/06/2016	Amostra simples. Coletada às 9h30, 30 minutos após a alimentação dos peixes. Sol forte e clima seco.
3	03/07/2016	Amostra simples. Coletada às 9h30, 30 minutos após a alimentação dos peixes. Sol forte e clima seco.
4	10/07/2016	Amostra simples. Coletada às 9h30, 30 minutos após a alimentação dos peixes. Sol forte e clima seco.
5	25/07/2016	Amostra simples. Coletada às 11h30, 30 minutos após a alimentação dos peixes. Sol forte e clima seco.

Tabela 8: Distribuição das campanhas de monitoramento realizadas.

Campanha	Data	Condições de Coleta
6	28/08/2016	Amostra simples. Coletada às 11h30, 30 minutos após a alimentação dos peixes. Sol forte e clima seco.

A primeira campanha foi realizada de maneira a caracterizar o efluente, optando-se pela amostragem composta dos parâmetros listados na **Tabela 9**. Considerando os resultados obtidos nesta análise preliminar, foram definidos os parâmetros considerados significativos a serem monitorados nas campanhas seguintes. Os parâmetros selecionados para a continuidade do monitoramento foram: Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Biológica de Oxigênio (DBO), Cor, Turbidez, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Kjeldahl (NTK), Ortofosfato, pH, Sólidos Totais, Suspensos, Dissolvidos, Sedimentáveis, Fixos e Voláteis. Além disso, após análise dos resultados preliminares, optou-se pela amostragem simples nas campanhas seguintes.



Figura 36: Amostras do monitoramento ambiental encaminhadas para análise.

Na **Tabela 9** apresentam-se os parâmetros analisados e seus respectivos métodos e limites de detecção. Destacados em negrito estão os parâmetros selecionados para continuação do monitoramento, após primeira campanha. As análises foram realizadas pelo Laboratório de Engenharia do Meio Ambiente (LEMA) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), de acordo com as técnicas preconizadas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* – 20ª edição (1998) e manuais dos equipamentos *Hach*.

Tabela 9: Métodos utilizados nas análises laboratoriais dos parâmetros determinados e respectivas faixas de detecção. Em negrito, parâmetros selecionados para continuação do monitoramento, após primeira campanha.

Parâmetros	Métodos	Faixas de Detecção
DQO (mg/L)	5.220 D – Refluxo Fechado – SMEWW – 20ª edição	50 mg/L
DBO (mg/L)	5.210 B – Método das Diluições – SMEWW – 20ª edição	2 mg/L
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	4.500 O ₂ – Método de Winkler Modificado – SMEWW – 20ª edição	2 mg/L
Cor (PtCo)	8025 – ALPHA - Platinun- Cobalt Standard Method – HACH	0 - 500 PtCo*
Turbidez (FAU)	8237 – Attenuated Radiation Method – direct reading – HACH	0 - 500 FAU*
Nitrito (mg/L)	4.500 NO ₂ – B - Colorimétrico - SMEWW – 20ª edição	5 - 1000 µg/L
Nitrato (mg/L)	8171 – Cadmium Reduction Method – HACH	0 – 30 mg/L
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	4.500 NH ₃ – F- Indofenol - SMEWW – 20ª edição	0,02 - 2,00 mg/L
Nitrogênio Kjeldahl (mg/L)	4.500 N.org – C – Digestão/Destilação/Titulação – SMEWW - 20ª edição	20 – 200 mg/L
Ortofosfato (mg/L)	4.500 P - E - Ácido Ascórbico – SMEWW - 20ª edição	0,15 – 1,30 mg/L
pH	4.500 – B – Potenciométrico - SMEWW – 20ª edição	-2 – 20
Sólidos Totais – Fixos e Voláteis (mg/L)	2.540 – B – Gravimétrico - SMEWW – 20ª edição	-
Sólidos Suspensos Totais – Fixos e Voláteis (mg/L)	2.540 – D - Gravimétrico SMEWW – 20ª edição	-
Sólidos Dissolvidos – Fixos e Voláteis (mg/L)	A concentração de sólidos dissolvidos foi calculada pela diferença entre a concentração de sólidos totais e de sólidos suspensos.	-
Sólidos Sedimentáveis (mg/L)	2.540 – F – Cone de Imhoff - SMEWW – 20ª edição	1 mg/L

* Para valores superiores ao limite superior de detecção é realizada diluição da amostra.

Abaixo, são apresentadas descrições dos parâmetros estudados, segundo VON SPERLING (1998) e JORDÃO e PESSÔA (2005), e particularidades das metodologias adotadas para as análises laboratoriais.

- Demanda Química de Oxigênio (DQO):

O teste da DQO mede o consumo de oxigênio ocorrido durante a oxidação química da matéria orgânica, obtida em laboratório através do oxidante dicromato de potássio em meio ácido. O valor obtido é, portanto, uma indicação indireta do teor de matéria orgânica presente do efluente, mas sem a indicação se ela é biodegradável ou não.

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅):

A DBO retrata a quantidade de oxigênio requerida por micro-organismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica carbonácea e nitrogenada. É uma medida indireta para a quantidade de matéria orgânica presente no efluente passível de oxidação pela ação de microrganismos.

Na metodologia utilizada para as análises deste Trabalho, os testes de DQO foram realizados previamente aos testes de DBO. Caso fossem detectadas concentrações de DQO acima do limite de detecção do método, 50 mg/L, seria realizado o teste de DBO. Isso se dá pela rapidez da obtenção de resultados de DQO, aproximadamente 3 horas, enquanto são necessários ao menos 5 dias para a obtenção de resultados de DBO.

- Oxigênio Dissolvido (OD):

O Oxigênio Dissolvido nos recursos hídricos é proveniente da atmosfera, disponível pela dissolução do composto nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. Através da medição da concentração de oxigênio dissolvido, os efeitos de resíduos oxidáveis sobre águas receptoras podem ser avaliados. Além disso, uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais.

O oxigênio dissolvido não foi selecionado para a continuação do monitoramento após a primeira campanha pela limitação imposta pela técnica de amostragem preconizada no método utilizado. Para garantir resultados confiáveis, as amostras deveriam ser submetidas a procedimentos específicos, com coleta em frascaria de vidro e utilização de reagente *in situ* para fixação do composto na amostra. Além disso, as amostras seriam resfriadas e analisadas somente no dia seguinte, o que também comprometeria a confiabilidade dos resultados.

- Cor:

O parâmetro Cor é responsável pela coloração na água, associada a presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Os coloides orgânicos são substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em substratos orgânicos e também esgotos sanitários e industriais. Os coloides inorgânicos estão geralmente associados à lixiviação do solo. Na metodologia utilizada neste Projeto foi determinada a cor aparente das amostras.

- Turbidez:

A Turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. A turbidez está relacionada à presença de sólidos em suspensão na amostra, podendo estas estar associadas a partículas orgânicas ou inorgânicas. O equipamento de turbidez utilizado nas análises apresenta resultados na unidade FAU, enquanto a legislação geralmente apresenta turbidez na unidade NTU.

- Série de Nitrogênio:

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras são formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas. Os esgotos sanitários, que apresentam características similares ao efluente da truticultura, constituem, em geral, fonte de nitrogênio orgânico, devido à presença de proteínas, e de nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da ureia na água. Estes dois, conjuntamente, são determinados em laboratório pelo método Kjeldahl, constituindo o assim denominado Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK).

Pode-se associar as etapas de degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas de nitrogênio. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas.

Como o esforço para análise da série completa de nitrogênio é muito grande, foram selecionadas as formas nitrogênio amoniacal e nitrogênio Kjeldahl para o monitoramento ambiental, considerando o exposto acima. As análises de nitrito e nitrato não foram realizadas a partir da segunda campanha.

- Ortofosfato:

O fósforo pode atuar como fator limitante na produção primária dos ecossistemas aquáticos, podendo conduzir à eutrofização. Quando um nutriente é essencial para a produção de determinada população de organismos, como as algas responsáveis pela eutrofização, é considerado nutriente limitante. Em baixas concentrações do nutriente limitante o crescimento populacional é baixo e, quando ocorre a elevação da concentração do nutriente limitante o crescimento populacional também aumenta. O fósforo na água apresenta-se principalmente nas seguintes três formas: ortofosfatos, polifosfatos e fósforo orgânico. O fosfato inorgânico dissolvido ou ortofosfato, apesar de representar apenas uma pequena fração quando comparado com outras formas ativas dentro do ciclo do fosfato, é de grande importância, pois é a única forma de fósforo disponível para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples, podendo ser assimilada pelos produtores primários.

- pH:

O pH, potencial hidrogeniônico, representa a concentração de íons hidrogênio dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente e em processos de tratamento de águas, especialmente sobre a solubilidade de nutrientes, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental.

- Série de Sólidos:

Os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após processos de evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Esses processos definem as frações de sólidos presentes na água: sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis.

Em estudos de controle de poluição de corpos hídricos naturais e estudos de caracterização de efluentes, os níveis de concentração das frações de sólidos resultam em um quadro da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos e voláteis). A concentração de

sólidos voláteis está associada à presença de compostos orgânicos na água e a concentração de sólidos fixos associada aos compostos inorgânicos.

No presente Trabalho, o método utilizado para a determinação da concentração de sólidos dissolvidos não foi a preconizada no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* – 20ª edição (1998), sendo utilizada a relação Sólidos Dissolvidos = Sólidos Totais – Sólidos Suspensos.

5.1.2. Pontos de Amostragem

Foram definidos cinco pontos de amostragem na truticultura em análise. A **Figura 37** traz um esquemático da localização dos pontos de amostragem. Dois dos pontos foram localizados no Córrego do Brejo da Lapa, à jusante e à montante do lançamento de efluentes. Os três pontos restantes foram determinados de forma a caracterizar o efluente e monitorar a eficiência do Tanque de Decantação implantado. Abaixo segue listagem dos pontos de amostragem:

- **PA.** Ponto de Adução de água, localizado na barragem construída no Córrego Brejo da Lapa;
- **P1.** Efluente Bruto - Saída Tanques dos tanques de produção;
- **P2.** Efluente Tratado - Saída do Tanque Decantação;
- **P3.** Efluente Descartado – Corrente que é descartada no corpo hídrico após passagem pela área pantanosa;
- **PD.** Ponto de Descarte do efluente, arbitrado a 5 m do ponto de lançamento do efluente.

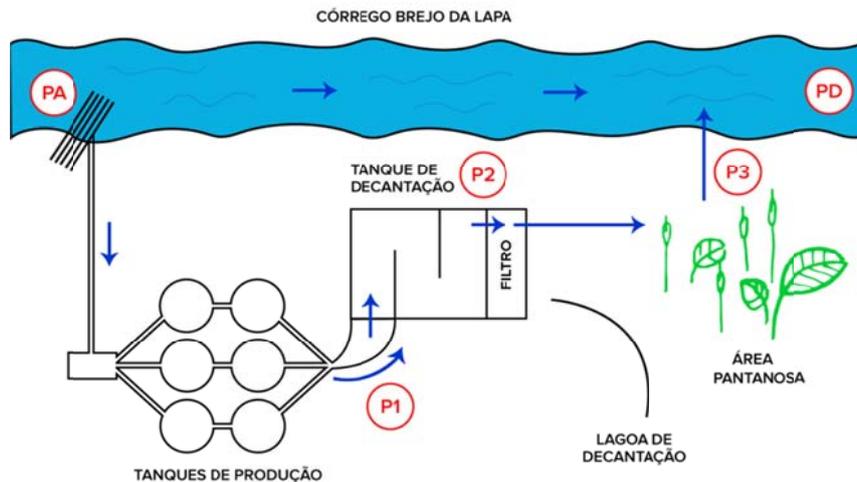


Figura 37: Esquemático dos Pontos de Amostragem adotados no monitoramento ambiental.

5.1.3. Eficiência de Tratamento

A eficiência de tratamento associada ao Tanque de Decantação será calculada com base nos resultados de concentração dos pontos P1 e P2 obtidos no monitoramento ambiental realizado. A eficiência de remoção de determinado parâmetro no tratamento implantado é dada pela **Equação 9** abaixo:

$$E = \frac{C_{P1} - C_{P2}}{C_{P1}} * 100 \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

E: eficiência de remoção (%), C_{P1} : concentração afluyente do parâmetro (mg/L), C_{P2} : concentração efluyente do parâmetro (mg/L).

5.2. Resultados e Discussão

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos no monitoramento ambiental realizado na truticultura em análise. Os resultados serão apresentados em dois itens: **Tratamento do Efluente e Qualidade de Água no Corpo Hídrico Receptor**. No primeiro, serão levantados os resultados parâmetro a parâmetro obtidos nos pontos PA, P1, P2, P3 e PD, indicando a eficiência do sistema de tratamento de efluentes implantado no empreendimento. Já no segundo item, serão relacionadas as alterações na qualidade da água do Córrego Brejo da Lapa, observadas pelas variações de concentrações nos pontos PA e PD ao longo das campanhas. Os resultados serão

comparados com os padrões de lançamento de efluentes e enquadramento de corpos hídricos Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011 e da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008.

Os Laudos das análises laboratoriais estão apresentados no **ANEXO 3**.

5.2.1. Tratamento do Efluente

Os resultados obtidos na Campanha 1 não serão apresentados nesta seção por apresentarem metodologia de amostragem diferenciada das demais campanhas, por amostragem composta. Dessa forma, os resultados provenientes desta campanha não podem ser comparados com os resultados provenientes das demais campanhas, realizadas por amostragem simples.

Abaixo serão apresentados os resultados das Campanhas 2, 3, 4, 5 e 6 em gráficos e tabelas, visando relacionar os dados com a eficiência do sistema de tratamento de efluentes em operação, o Tanque de Decantação.

Tabela 10: Resultados obtidos para o parâmetro DQO.

DQO (mg/L)					
CAMPA NHA	AMOSTRA				
	PA	P1	P2	P3	PD
2	88	105	N/D	N/D	N/D
3	N/D	425	N/D	N/D	N/D
4	N/D	875	N/D	N/D	N/D
5	N/D	956	N/D	N/D	N/D
6	N/D	100	N/D	N/D	N/D

*N/D – resultado fora da faixa de detecção do método de análise

Os resultados das análises para o parâmetro DQO estão apresentados na **Tabela 10** e relacionados no **Gráfico 1**. O efluente bruto, representado pelo ponto P1, foi o ponto que apresentou maiores concentrações de DQO, chegando ao máximo de 956 mg/L. Os resultados obtidos para os demais pontos indicam remoção considerável de DQO pelo tratamento de efluentes aplicado, já que a maioria dos valores de concentração não foram detectáveis por serem inferiores ao limite de detecção, igual a 50 mg/L. O efluente descartado (P3) está enquadrado no padrão de lançamento de DQO da DNC COPAM/CERH-MG 01/2008, sendo inferior à 180 mg/L.

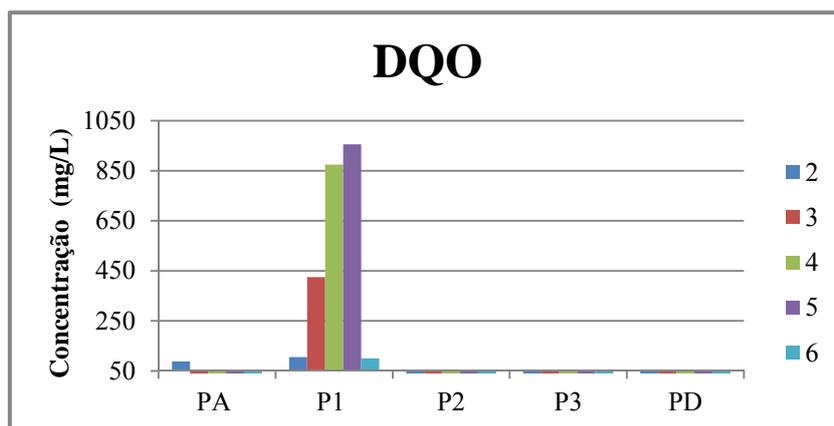


Gráfico 1: Resultados obtidos para o parâmetro DQO.

Tabela 11: Resultados obtidos para o parâmetro DBO.

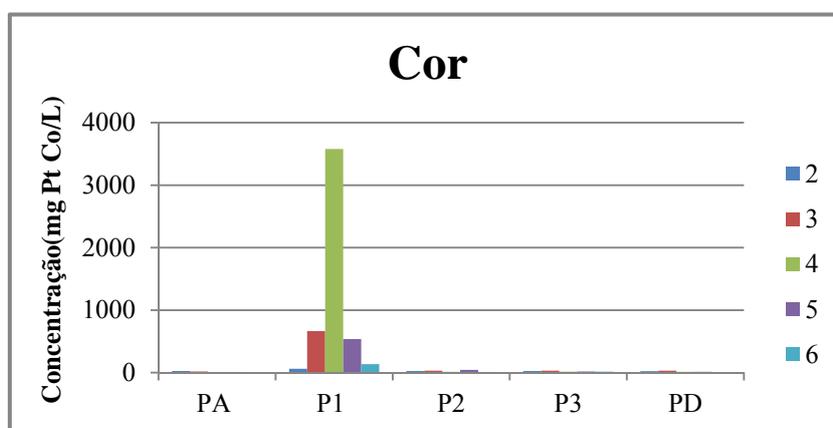
DBO (mg/L)					
CAMPANHA	AMOSTRA				
	PA	P1	P2	P3	PD
2	-	-	-	-	-
3	-	269,6	-	-	-
4	-	N/D	-	-	-
5	-	-	-	-	-
6	-	52,4	-	-	-

*N/D – resultado fora da faixa de detecção do método de análise

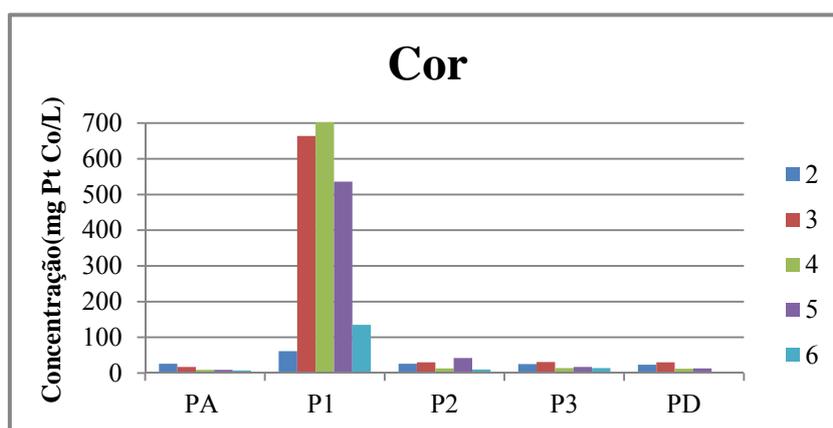
Os resultados para o parâmetro DBO estão apresentados na **Tabela 11**. Os testes de DBO foram prejudicados por diversos eventos de manutenção na rede elétrica da UFRJ, que afetaram o funcionamento do LEMA. Para a realização dos testes, as amostras devem ser submetidas a 5 dias seguidos de estufa, que necessita de energia elétrica para operação. Por esse motivo, não foram obtidos dados suficientes para a correlação entre os mesmos e o tratamento de efluentes aplicado.

Tabela 12: Resultados obtidos para os parâmetros Cor e Turbidez.

CAMPANH A	Cor (mg PtCo/L)					Turbidez (FAU)				
	AMOSTRA					AMOSTRA				
	PA	P1	P2	P3	PD	PA	P1	P2	P3	PD
2	26	61	26	25	23	6	42	11	6	5
3	17	664	30	31	30	5	165	8	11	6
4	9	3580	13	14	12	2	299	1	3	1
5	9	536	42	17	13	4	155	12	6	5
6	7	135	10	14	3	0	14	4	4	1



(A)



(B)

Gráfico 2: (A) Resultados obtidos para o parâmetro Cor (B) Detalhe dos resultados na faixa de concentração entre 0 e 700 Pt Co/L.

Em relação à Cor e Turbidez, podemos indicar forte tendência à redução destes parâmetros devido ao tratamento de efluentes, conforme resultados apresentados na

Tabela 12, Gráfico 2 e Gráfico 3. De acordo com os resultados, o Tanque de Decantação implantado demonstrou efetividade média de remoção de 87,4% para o parâmetro Cor e de 86,5% para Turbidez. Foi verificado um pico de concentração para o parâmetro Cor, na campanha 4, fora da faixa de resultados para o ponto P1. A apresentação deste resultado em gráfico descaracteriza o restante dos resultados, por ter ordem de grandeza muito superior. Por esse motivo, optou-se pela apresentação de um segundo gráfico com faixa de concentração (eixo y) reduzida.

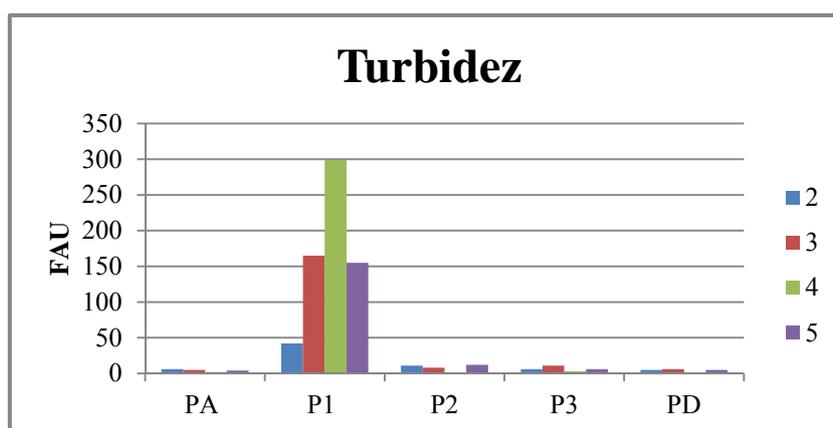


Gráfico 3: Resultados obtidos para o parâmetro Turbidez.

Tabela 13: Resultados obtidos para os parâmetros Nitrogênio Amoniacal e NTK.

CAMPA NHA	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)					NTK (mg/L)				
	AMOSTRA					AMOSTRA				
	PA	P1	P2	P3	PD	PA	P1	P2	P3	PD
2	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	2,8	4,2	5,6	5,6	5,6
3	N/D	0,152	0,151	0,171	0,125	5,6	5,6	7	5,6	N/D
4	N/D	0,554	0,184	0,692	0,116	7	9,8	8,4	14	8,4
5	N/D	0,789	0,173	0,173	N/D	8,4	4,2	4,3	2,8	2,8
6	N/D	N/D	0,261	0,27	N/D	2,8	2,8	4,2	2,8	9,8

*N/D – resultado fora da faixa de detecção do método de análise

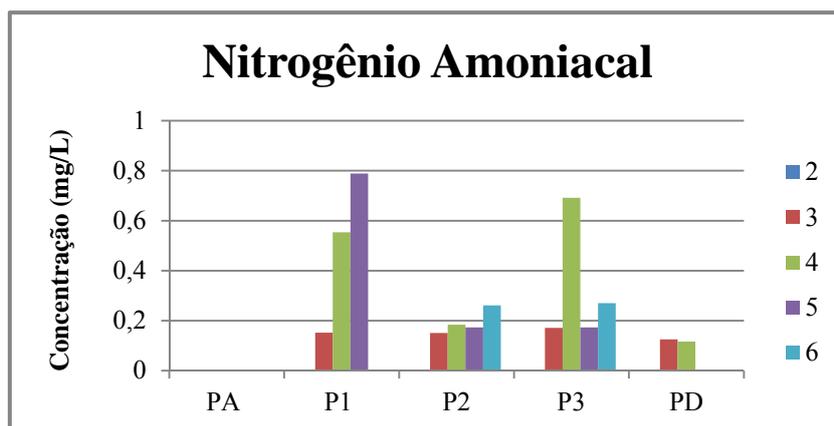


Gráfico 4: Resultados obtidos para o parâmetro Nitrogênio Amoniacal.

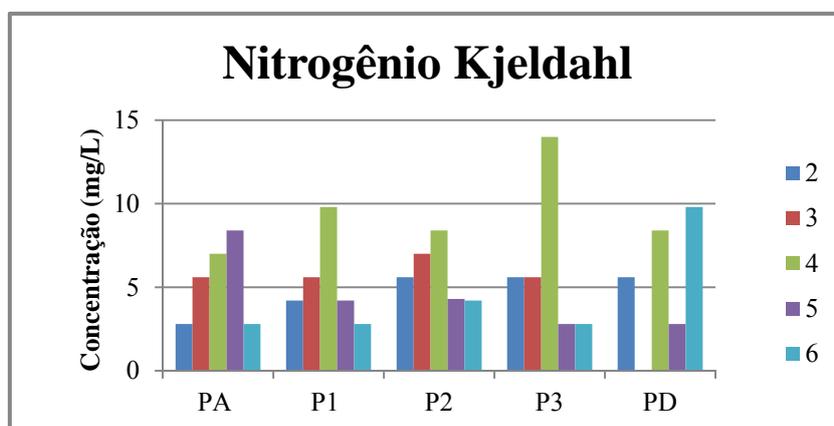


Gráfico 5: Resultados obtidos para o parâmetro NTK.

Em relação aos compostos nitrogenados, os resultados das análises de Nitrogênio Amoniacal e NTK, apresentados na **Tabela 13**, não apresentaram tendência clara de redução em função do tratamento físico dos efluentes, conforme pode ser observado no **Gráfico 4** e **Gráfico 5**. No entanto, o efluente descartado (P3) está enquadrado no padrão de lançamento de efluentes fixado pela CONAMA 430/2011 e DNC COPAM/CERH-MG 01/2008, apresentando concentração de nitrogênio amoniacal inferior a 20,0 mg/L N em todas as campanhas.

Tabela 14: Resultados obtidos para o parâmetro Ortofosfato.

		Ortofosfato (mg/L)				
CAMPA NHA	AMOSTRA					
	PA	P1	P2	P3	PD	
2	0,019	0,881	0,111	0,116	0,043	
3	0,002	2,436	0,139	0,116	0,155	
4	0,079	2,384	0,156	0,133	0,119	
5	0,003	1,713	0,62	0,118	0,043	
6	0,002	1,034	0,122	0,101	0,016	

Para Ortofosfato, os resultados obtidos no monitoramento estão apresentados na **Tabela 14 e Gráfico 6**. Os resultados indicaram redução considerável do composto em função do tratamento de efluentes, demonstrando efetividade média de remoção de 85,4% para o parâmetro.

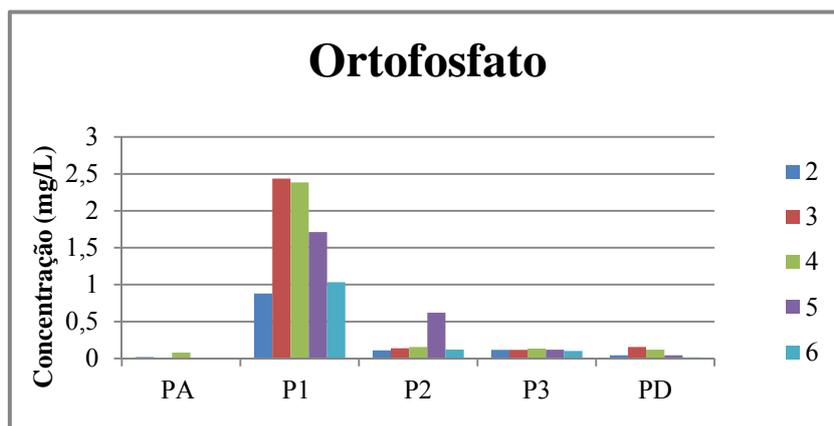


Gráfico 6: Resultados obtidos para o parâmetro Ortofosfato.

Tabela 15: Resultados obtidos para o parâmetro pH.

CAMPANHA	pH				
	AMOSTRA				
	PA	P1	P2	P3	PD
2	6,5	6,5	6,3	6,2	6,5
3	6,38	6,38	6,42	6,46	6,44
4	6,62	6,48	6,53	6,46	6,43
5	6,41	6,42	6,48	6,42	6,42
6	6,36	6,38	6,36	6,4	6,36

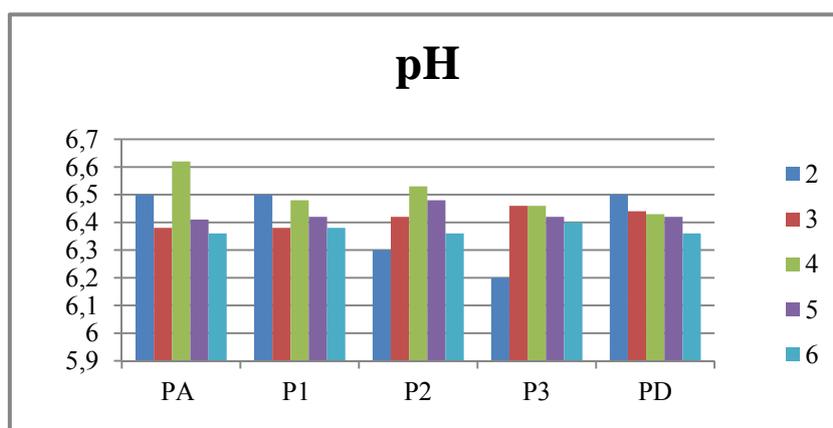


Gráfico 7: Resultados obtidos para o parâmetro pH.

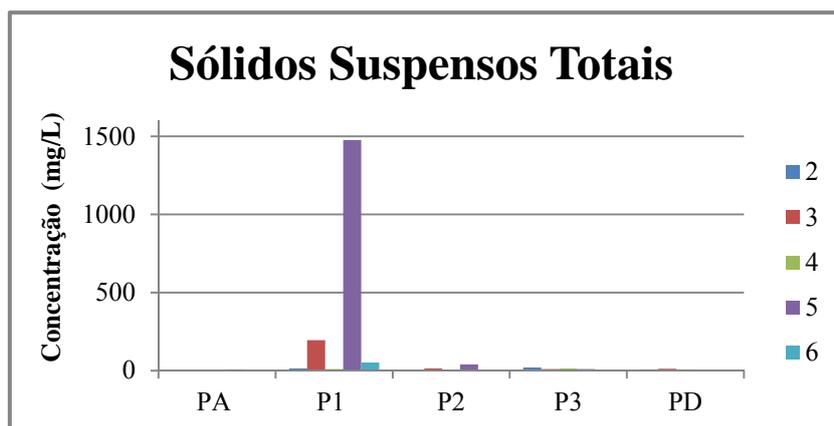
O pH para todos os pontos e campanhas permaneceram na faixa entre 6,2 e 6,6, conforme **Tabela 15** e **Gráfico 7**, não apresentando tendência de modificação em função do processo produtivo e do tratamento de efluentes. O efluente descartado (P3) está enquadrado no padrão de lançamento de efluentes fixado pela CONAMA 430/2011 e DNC COPAM/CERH-MG 01/2008, apresentando concentração de pH dentro da faixa preconizada pela legislação em todas as campanhas.

Tabela 16: Resultados obtidos para a Série de Sólidos (ST, SST, SDT)

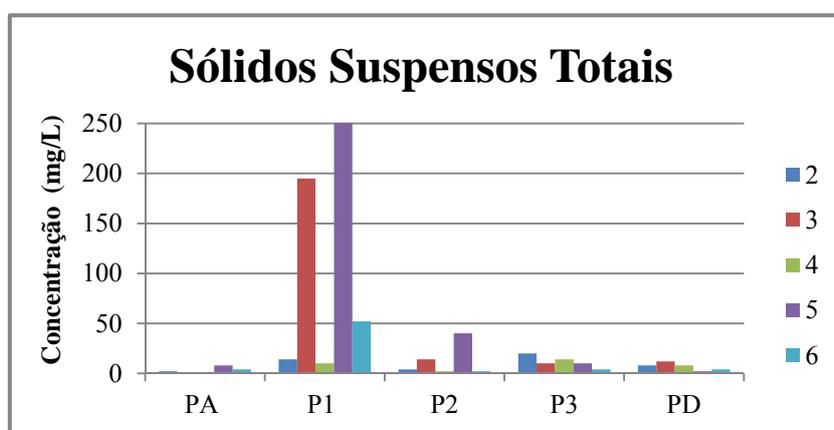
CAMPANHA	Sólidos Totais (mg/L)					Sólidos Suspensos Totais (mg/L)					Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)				
	AMOSTRA					AMOSTRA					AMOSTRA				
	PA	P1	P2	P3	PD	PA	P1	P2	P3	PD	PA	P1	P2	P3	PD
2	82	86	72	60	87,3	2	14	4	20	8	80	72	68	40	79,3
3	20	493,3	180	73,3	30	0	195	14	10	12	20	298,3	166	63,3	18
4	12,3	323,3	40	20	273,3	0	10	2	14	8	13,3	333,3	38	6	265,3
5	163,3	1756,6	48	176,6	156,6	8	1476,6	40	10	2	155,3	280	8	166,6	154,6
6	36,6	76,6	26,6	30	26,6	4	52	2	4	4	32,6	24,6	24,6	26	22,6

A **Tabela 16** apresenta os resultados obtidos para os parâmetros sólidos totais (ST), sólidos em suspensão totais (SST) e sólidos dissolvidos totais (SDT).

Em relação aos SST, é possível verificar no **Gráfico 8** que os resultados das análises indicam redução das concentrações do parâmetro após o tratamento de efluentes. A eficiência média de remoção para esse parâmetro foi de 87,5%. Dessa forma, as concentrações de SST observadas para o ponto P3 estão de acordo com o padrão de lançamento de efluentes fixado pela DNC COPAM/CERH-MG 01/2008, apresentando concentração de sólidos em suspensão totais inferior à 100,0 mg/L em todas as campanhas. Destaca-se que foi verificado um pico de concentração, na campanha 5, desviando cerca de 300% do valor médio de concentração do ponto P1 para este parâmetro. Nesta campanha os valores de concentração de SST reduziram de 1756,6 (P1) para 48 mg/L (P2), apresentando uma eficiência de remoção do tratamento aplicado de 97,3%.

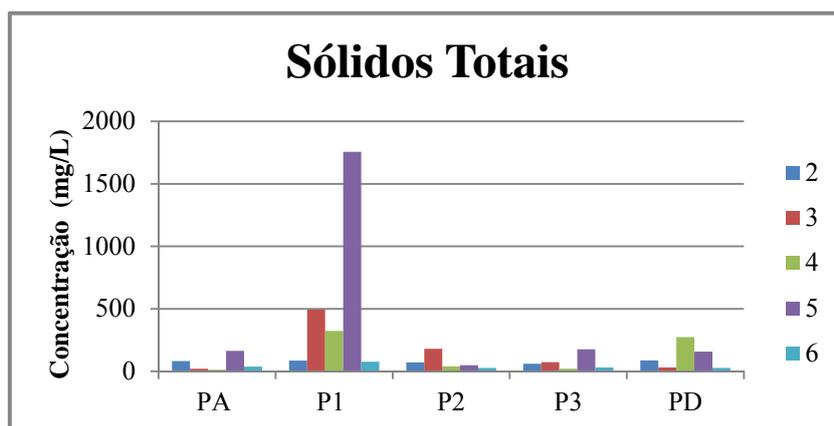


(A)

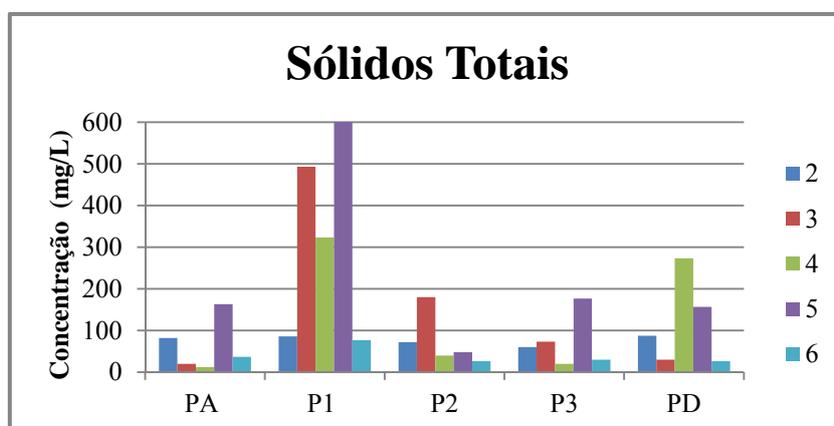


(B)

Gráfico 8: (A) Resultados obtidos para o parâmetro SST. (B) Detalhe dos resultados na faixa de concentração entre 0 e 250 mg/L.



(A)



(B)

Gráfico 9: (A) Resultados obtidos para o parâmetro ST. (B) Detalhe dos resultados na faixa de concentração entre 0 e 600 mg/L.

Conforme **Gráfico 9**, a tendência de remoção também é identificada nos resultados para o parâmetro ST, indicando uma eficiência de 66%. O pico de concentração destacado para o parâmetro SST refletiu nos ST referentes à campanha de número 5.

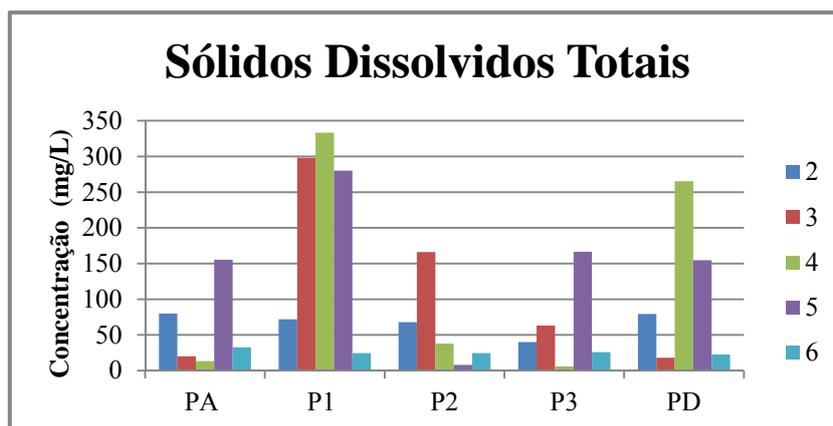


Gráfico 10: Resultados obtidos para o parâmetro SDT.

De acordo com a metodologia adotada neste Trabalho, a concentração de SDT é calculada pela diferença entre as concentrações de ST e SST. Os resultados obtidos para o parâmetro SDT estão apresentados no **Gráfico 10**. O Tanque de Decantação apresentou eficiência de remoção média de 58,9% no tratamento de SDT, porcentagem abaixo dos valores médios encontrados para outros parâmetros. Após o tratamento, as concentrações apresentaram, em algumas campanhas, elevação no ponto P3, que representa o efluente descartado no Córrego Brejo da Lapa. Esta questão pode ser relacionada ao fluxo do efluente tratado pela área pantanosa, que pode estar levando ao carreamento de íons e matéria orgânica do solo pela corrente hídrica.

Tabela 17: Resultados obtidos para o parâmetro Sólidos Sedimentáveis.

		Sólidos Sedimentáveis (mL/L)				
CAMPA NHA	AMOSTRA					
	PA	P1	P2	P3	PD	
2	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
3	N/D	6,0	N/D	N/D	N/D	
4	N/D	4,0	N/D	N/D	N/D	
5	N/D	6,0	N/D	N/D	N/D	
6	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	

*N/D – resultado fora da faixa de detecção do método de análise

Os Sólidos Sedimentáveis não foram detectáveis na maioria das amostras, por apresentarem concentrações inferiores a 1,0 mL/L, conforme **Tabela 17**. Dessa forma, não foram obtidos dados suficientes para a correlação entre os mesmos e o tratamento

de efluentes aplicado. No entanto, os resultados obtidos enquadram o efluente descartado (P3) no padrão de lançamento de efluentes fixado pela CONAMA 430/2011, apresentando concentração de sólidos sedimentáveis inferior a 1,0 mL/L em todas as campanhas.

O Monitoramento Ambiental indicou variações nas concentrações para o ponto P1 ao longo das campanhas para os parâmetros estudados. Essa variação pode estar relacionada aos estágios de desenvolvimento dos peixes nos tanques de produção, que apresentam diferenças metabólicas e em taxa de alimentação durante as fases de crescimento (MORAES *et al.*, 2015). Além disso, é importante salientar que a partir de meados de julho, os empreendedores iniciaram o abate da produção para comercialização do pescado, gerando redução da quantidade de peixes nos tanques de produção e, conseqüentemente, melhora na qualidade do efluente nas campanhas 5 e 6.

Os resultados obtidos indicam que o tratamento físico do efluente, por meio da estrutura do Tanque de Decantação, atua diretamente na redução dos teores de matéria orgânica, cor, turbidez e ortofosfato do efluente bruto. Para os compostos nitrogenados, não houve correlação entre as concentrações de Nitrogênio Amoniacal e NTK e o tratamento de efluentes aplicado. Em relação aos resultados para a série de sólidos monitorada, o Tanque de Decantação teve boa eficiência de remoção de sólidos totais, apresentando melhores resultados para sólidos em suspensão do que sólidos dissolvidos. O Monitoramento Ambiental realizado indica que o efluente descartado no Córrego Brejo da Lapa está enquadrado nos padrões de lançamento de efluentes fixados pela legislação pertinente em todos os parâmetros analisados. No entanto, os dados de monitoramento levantados neste Trabalho não são suficientes para basear tratamento dos dados e uma análise estatística de relevância dos resultados. Devido a esta questão, não foi possível determinar se os picos de concentração identificados são representativos ou não da qualidade do efluente.

5.2.2. Qualidade da Água do Corpo Hídrico Receptor

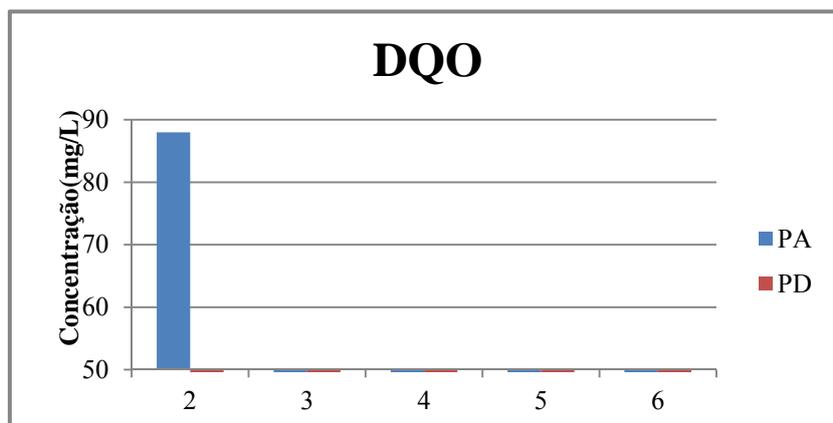


Gráfico 11: Resultados de DQO nos pontos PA e PD.

Em relação à DQO, de acordo com o **Gráfico 11**, a maioria das amostras dos pontos PA e PD apresentaram concentrações não detectáveis, inferiores à 50 mg/L. Dessa forma, não foi identificado impacto na qualidade da água do corpo hídrico receptor do efluente em relação a este parâmetro. Para DBO, não foram obtidos dados de monitoramento suficientes para relacionar alterações de qualidade da água no Córrego Brejo da Lapa com o descarte de efluentes.

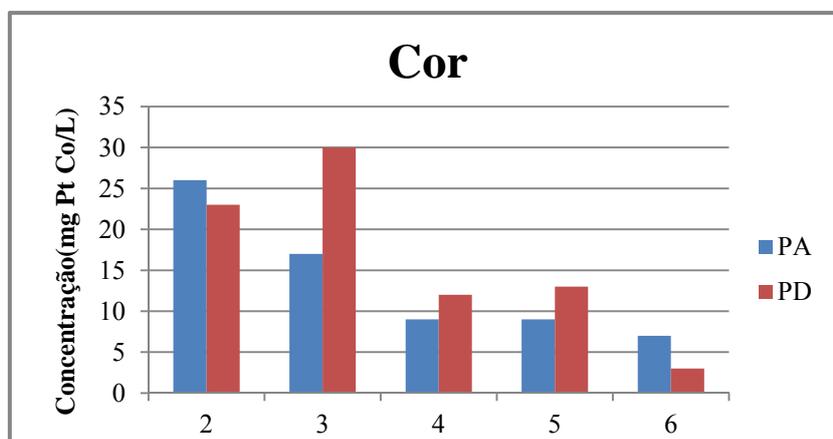


Gráfico 12: Resultados de Cor nos pontos PA e PD.

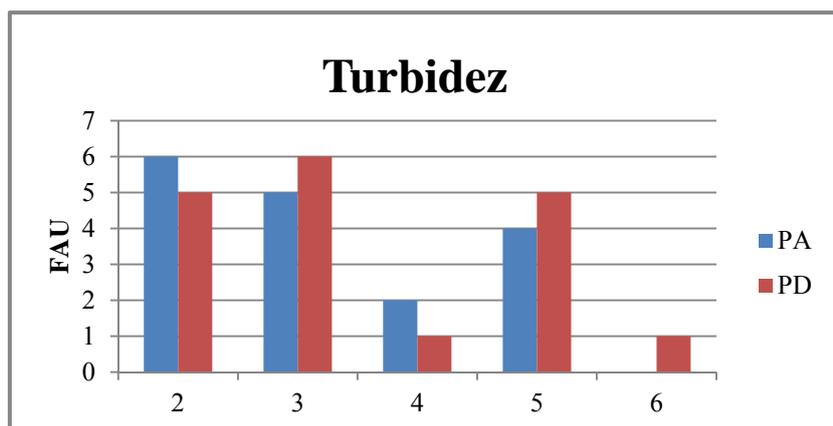


Gráfico 13: Resultados de Turbidez nos pontos PA e PD.

Para Cor (**Gráfico 12**) e Turbidez (**Gráfico 13**), os resultados do ponto PD se mostraram ligeiramente superiores aos do ponto PA em 3 das 5 campanhas. No entanto, este incremento não foi considerado significativo. Dessa forma, não foi identificado impacto do efluente na qualidade da água do Córrego Brejo da Lapa em relação a ambos os parâmetros. Para todas as campanhas realizadas, os resultados estão dentro do limite de 75 mg Pt/L de cor verdadeira e 100 NTU de turbidez, fixados pela legislação ambiental pertinente.

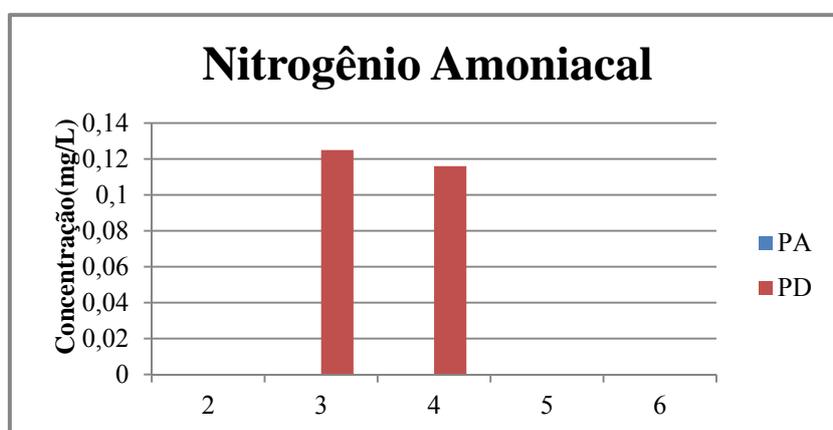


Gráfico 14: Resultados de Nitrogênio Amoniacal nos pontos PA e PD.

O **Gráfico 14** apresenta os resultados de qualidade da água para o parâmetro Nitrogênio Amoniacal. Para este parâmetro, os resultados encontrados do ponto PD foram superiores aos do ponto PA em 2 campanhas. Tanto a CONAMA 357/2005 quanto a DNC COPAM/CERH-MG 01/2008 impõem o limite de 3,7 mg N/L de nitrogênio amoniacal para corpos d'água classe 2, com pH < 7,5. Portanto, os valores encontrados para o ponto PD estão em conformidade com o enquadramento do corpo hídrico,

apresentando concentrações cerca de 33 vezes inferiores ao fixado na legislação ambiental. Em relação ao Nitrogênio Kjeldahl (NTK) não foi possível correlacionar as concentrações no corpo hídrico receptor com o descarte de efluente, conforme **Gráfico 15**.

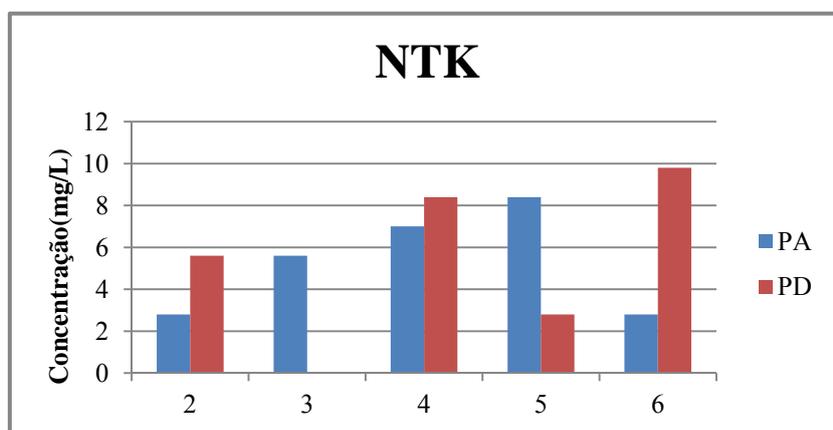


Gráfico 15: Resultados de NTK nos pontos PA e PD.

Em relação ao Ortofosfato (**Gráfico 16**), é possível identificar tendência a aumento das concentrações do composto no ponto PD em relação ao ponto PA. Embora não haja limites estabelecidos para Ortofosfato na legislação ambiental considerada, o parâmetro Fósforo Total é limitado a 0,1 mg P/L em ambientes lóticos. Este limite foi ultrapassado nos resultados das campanhas 3 e 4. Compreende-se que este incremento de concentração possa trazer impactos na qualidade da água do Córrego Brejo da Lapa por se tratar de um composto limitante na produção primária de ambientes aquáticos, podendo levar ao processo de eutrofização. Além disso, como o Ortofosfato é somente uma parcela do total de Fósforo, é esperado que a violação do padrão fixado pela legislação seja superior à descrita neste Trabalho. É importante observar que para a campanha de número 3, as concentrações de Ortofosfato no ponto PD foram superiores às concentrações no ponto P3, o efluente descartado.

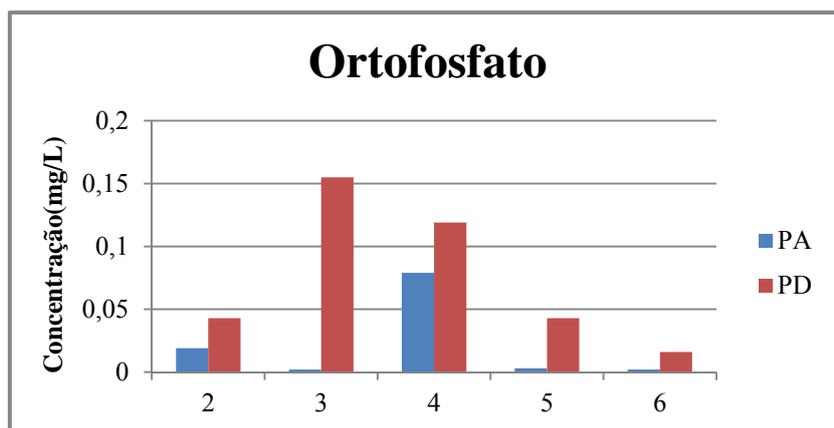


Gráfico 16: Resultados de Ortofosfato nos pontos PA e PD.

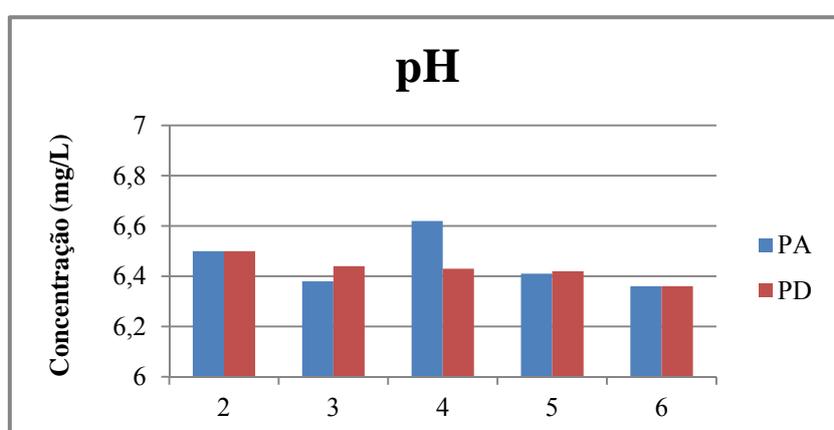


Gráfico 17: Resultados de pH nos pontos PA e PD.

Os efluentes da truticultura em questão não tiveram impacto significativo no pH do Córrego Brejo da Lapa, conforme resultados apresentados no **Gráfico 17**. Os resultados obtidos no monitoramento estão entre a faixa de 6,0 – 9,0 de pH, em conformidade com o enquadramento classe 2 da DNC COPAM/CERH-MG 01/2008, mais restritiva que a CONAMA 357/2005.

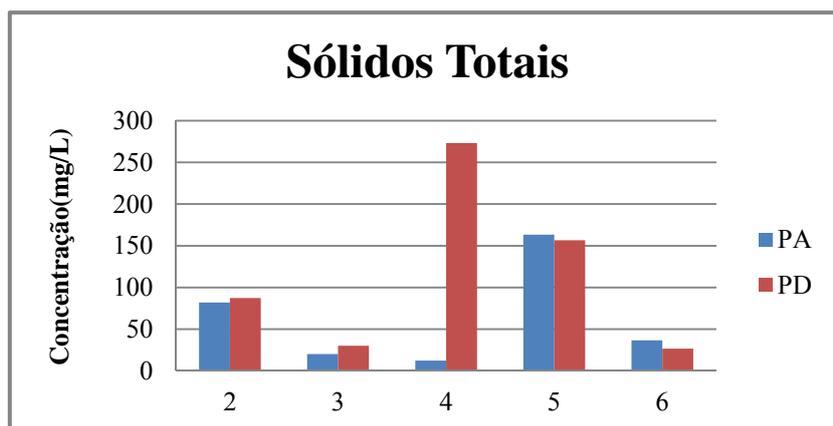


Gráfico 18: Resultados de ST nos pontos PA e PD.

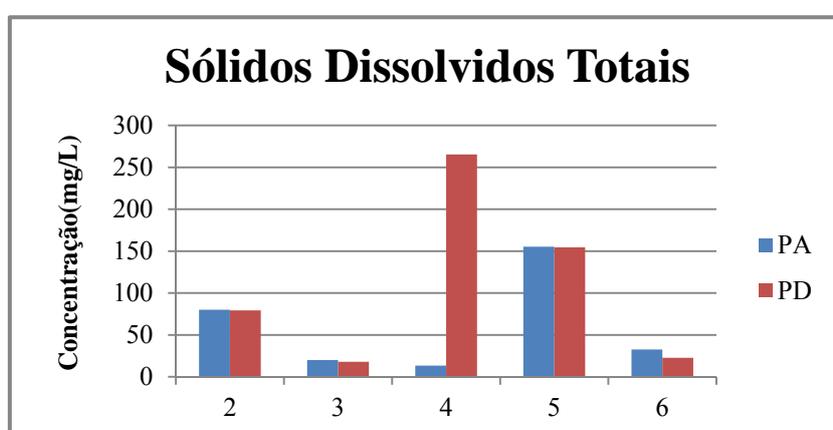


Gráfico 19: Resultados de SDT nos pontos PA e PD.

Os resultados para a série de Sólidos estão relacionados nos **Gráfico 18**, **Gráfico 19** e **Gráfico 20**. Em relação aos Sólidos Totais, os resultados para os pontos PA e PD são similares, com exceção da campanha 4, onde houve grande pico de concentração de sólidos totais em PD. Esse mesmo comportamento é identificado em relação aos sólidos dissolvidos, que apresenta todos os resultados em conformidade ao limite de 500 mg/L para corpos hídricos enquadrados como classe 2. Para os sólidos suspensos, o ponto PD apresentou maiores concentrações que o ponto PA em todas as campanhas, com exceção da campanha 5. No entanto, até a maior concentração de sólidos suspensos registrada no ponto PD está enquadrado no limite de 100 mg/L fixado pela DNC COPAM/CERH-MG 01/2008.

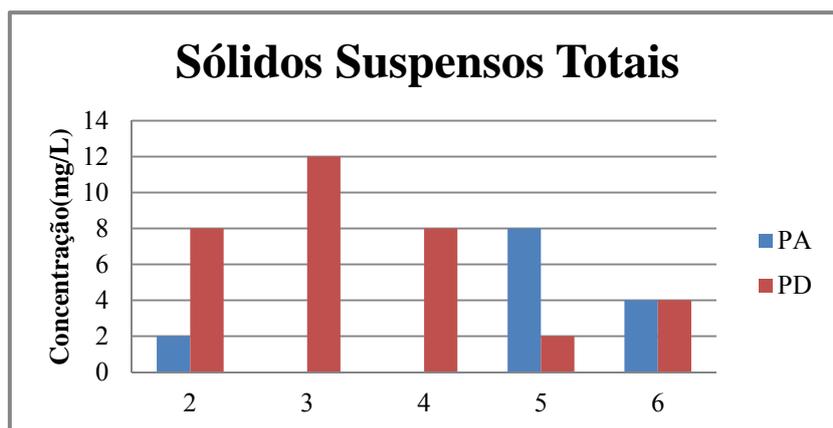


Gráfico 20: Resultados de SST nos pontos PA e PD.

O aumento de concentração no ponto PD, identificadas para os parâmetros cor e sólidos, pode também estar relacionada a diferenças na morfologia do Córrego Brejo da Lapa ao longo de seu curso. Foi identificado que o ponto PA apresenta maiores profundidades do que o ponto PD, que apresenta turbulência e maiores velocidades de escoamento. Esta questão pode levar a maior arraste e dissolução de sólidos, enquanto, no ponto PA, os sólidos tendem a sedimentar. Além disso, é esperado que os valores de concentração apresentados reduzam a jusante do ponto PD, considerando a capacidade de autodepuração dos corpos d'água naturais.

Para os parâmetro estudados, com exceção do parâmetro Ortofosfato, as concentrações no Córrego Brejo da Lapa estão enquadradas nos limites estabelecidos na CONAMA 357/2005 e DNC COPAM/CERH-MG 01/2008 para corpos d'água Classe 2 em todas as campanhas realizadas. Em relação ao fósforo, as concentrações de Ortofosfato se encontraram acima do limite de 0,1 mg P/L em duas das campanhas (0,155 e 0,119 mg/L). No entanto, não foram observadas mudanças na qualidade da água do corpo hídrico receptor em relação ao crescimento de algas ou a outros indicativos de eutrofização. Além disso, é esperado que, com a implantação do tratamento biológico proposto no âmbito do sistema de tratamento de efluentes, as concentrações de compostos nitrogenados e fosforados sejam reduzidas no efluente descartado.

O Monitoramento Ambiental realizado indica que o efluente da truticultura Trutas da Lapa, durante o período monitorado, não representou impacto ambiental significativo no Córrego Brejo da Lapa, corpo hídrico receptor do efluente, porém, esta constatação

necessita, para sua efetiva confirmação, de levantamento de um maior número de dados para basear análise estatística dos resultados.

6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Conforme levantado pelo Monitoramento Ambiental realizado, o projeto de Tanque de Decantação implantado se mostrou uma boa opção para o tratamento físico dos efluentes da truticultura. Recorda-se que o projeto da estrutura agregou à sua concepção as particularidades e limitações do empreendimento e da área onde o sistema foi implantado, de forma a conceber uma estrutura técnica economicamente viável.

Os resultados deste Trabalho indicaram que o efluente descartado no Córrego Brejo da Lapa pelo empreendimento Trutas da Lapa, após tratamento no Tanque de Decantação implantado, não excedeu em nenhuma campanha os padrões impostos para lançamento de efluentes pela legislação ambiental. A qualidade da água do Córrego Brejo da Lapa se encontrou enquadrada aos padrões fixados pela legislação pertinente para corpos hídricos Classe 2, após o lançamento dos efluentes tratados, com a exceção do parâmetro fósforo total. Portanto, conclui-se que os efluentes da truticultura Trutas da Lapa apresentam baixo potencial de impacto na qualidade da água do Córrego Brejo da Lapa, corpo hídrico receptor do efluente, após adotados mecanismos de controle de poluição.

Recomenda-se que as outras estruturas previstas neste Trabalho para o Sistema de Tratamento de Efluentes sejam implantadas para implementar o tratamento biológico do efluente. Dessa forma, é esperada a redução das concentrações de nutrientes no efluente descartado, em especial o fósforo. Além disso, é sugerido que os empreendedores do Trutas da Lapa continuem caminhando em sentido à regularização ambiental, através da obtenção de Outorga e Licença Ambiental relativa à atividade.

Dentre as possíveis melhorias ao projeto do Sistema de Tratamento de Efluentes, aponta-se a implementação de procedimentos de gestão de resíduos que compreenda a destinação final do lodo retido na estrutura do Tanque de Decantação. Por apresentar alto teor de matéria orgânica, este resíduo pode ser submetido ao processo de compostagem e depois utilizado como adubo em cultivos variados.

Como proposta para estudos futuros está o levantamento de maior número de dados de monitoramento para subsidiar a análise estatística dos mesmos, de forma a validar os resultados obtidos por meio deste Trabalho, verificar a frequência e amplitude da

violação relativa ao parâmetro fósforo total e promover a avaliação do tratamento biológico após sua implantação. Além disso, propõe-se a implementação de metodologia de amostragem que permita a descrição da variação das concentrações de poluentes no efluente ao longo do dia, visando caracterizar o momento de maior descarga de poluentes no corpo hídrico receptor.

Verifica-se que o presente Trabalho atingiu os objetivos propostos, tendo como produtos: o Estudo de Concepção de estruturas de tratamento de efluentes da triticultura, a implantação do projeto do Tanque de Decantação e o Monitoramento Ambiental, através do qual foi possível a verificação de eficácia do projeto implantado, a caracterização dos efluentes da triticultura e a avaliação do impacto ambiental deste tipo de empreendimento em corpos d'água naturais. Os resultados alcançados fornecem informação e dados para tomadas de decisão com foco na formulação de políticas e regulações específicas para atividade da triticultura, além de auxiliar os agricultores a desenvolverem e adotarem seus próprios sistemas de gestão de água e efluentes.

Neste sentido, conclui-se que este Trabalho contribui para o planejamento e preservação dos recursos hídricos da Serra da Mantiqueira, através do estímulo à produção ambientalmente correta da triticultura e à proteção da qualidade das águas e dos remanescentes florestais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBORNOZ, L.L. 2015. **Estudo de caso: Avaliação de eficiência de uma estação de tratamento de efluentes de um campus universitário.** Trabalho de Diplomação em Engenharia Química - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

ALMEIDA, J.P. de. 2011. **Revisão do plano de manejo do Parque Nacional do Itatiaia: Diagnóstico de meio físico.** Relatório Técnico, Itatiaia, 97p.

ALVES, R.G. 2013. **Análise do padrão de distribuição da flora vascular dos campos de altitude do Maciço do Itatiaia – RJ / MG.** Dissertação de mestrado. – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia. Rio de Janeiro.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA, 1998. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 20st ed. American Water Works Association/Water Pollution Control Federation. Washington.1085 p.

AMIRKOLAIE, K.A. 2011. “Reduction in the environmental impact of waste discharged by fish farms through feed and feeding”. **Rev. Aquaculture**, vol. 3, nº 1, pp. 19-26.

AMORIM, F. 2014. **Unidades combinadas RAFA-SAC para tratamento de água residuária de suinocultura.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANA – Agência Nacional de Águas, 2015. **Bacia Hidrográfica do Rio Grande: Diagnóstico Preliminar – Qualidade da Água.** Brasília, 56p. Disponível em: <http://www.grande.cbh.gov.br/_docs/outros/QualidadedeAgua-Mai15.pdf>. Acessado em: 04/06/2016.

AXIMOFF, I. A. 2011. “O que perdemos com a passagem do fogo pelos campos de altitude do Estado do Rio de Janeiro”. **Revista Biodiversidade Brasileira**, Número Temático: Ecologia e Manejo do Fogo em Áreas Protegidas, 2:180-200.

AXIMOFF, I.A.; ALVES, R. G.; RODRIGUES, R. C. 2014. “Campos de altitude do Itatiaia: aspectos ambientais, biológicos e ecológicos”. **Boletim de Pesquisa Parque Nacional do Itatiaia Nº18**, ICMBio, 79 pp.

BACHA, R de M. C. *et al.* **Relações entre sociedade e natureza na Serra da Mantiqueira: o turismo nos municípios de Delfim Moreira, Gonçalves e Marmelópolis – MG.** Disponível em: <<http://www.semanasociais.ufscar.br/wp-content/uploads/2014/03/Anais-sociais-com-artigo-3.pdf>>. Acessado em: 04/06/2016.

BOYD, C.E. 2003. “Guidelines for aquaculture effluente management at the farm level.” **Rev. in Aquaculture**, vol. 3, nº 226, pp. 101-112. Disponível em: <http://www.uesc.br/cursos/pos_graduacao/mestrado/animal/bibliografia2013/luis_art2_boyd.pdf>. Acessado em: 05/06/2016.

BOYD, C.E.; MASSAUT, L.; WEDDIG, L.J. 1998. **Towards reducing environmental impacts of pond aquaculture.** Infofish International, 2: 27-33.

BRADE, A.C. 1956. “A flora do Parque Nacional do Itatiaia”. **Boletim do Parque Nacional do Itatiaia Nº 5**, ICMBio, 114 pp.

BRASIL. **ABNT NBR 12.209 (1992).** Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário.

BRASIL. **ABNT NBR 12.216 (1992).** Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público.

BRASIL. **ABNT NBR 13.969 (1997).** Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.

BRASIL. **Decreto nº 4.895, de 25 de novembro de 2003.** Dispõe sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos d’água de domínio da União para fins de aqüicultura, e dá outras providências. Publicado no D.O.U. de 26/11/2003.

BRASIL. **Decreto nº 43.713, de 14 de janeiro de 2004.** Regulamenta a Lei nº 14.181, de 17 de janeiro de 2002, que dispõe sobre a política de proteção à fauna e à flora

aquáticas e de desenvolvimento da pesca e da aquicultura no Estado e dá outras providências. Publicação no Diário do Executivo de Minas Gerais de 15/01/2004.

BRASIL. **Decreto nº 8.425, de 31 de março de 2015.** Regulamenta o parágrafo único do art. 24 e o art. 25 da Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009, para dispor sobre os critérios para inscrição no Registro Geral da Atividade Pesqueira e para a concessão de autorização, permissão ou licença para o exercício da atividade pesqueira. Publicado no DOU de 01/04/2015.

BRASIL. **Deliberação Normativa CERH-MG n.º 09, de 16 de junho de 2004.** Define os usos insignificantes para as circunscrições hidrográficas no Estado de Minas Gerais. Publicação no Diário do Executivo de Minas Gerais de 28/06/2004.

BRASIL. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n.º 1, de 05 de Maio de 2008.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação no Diário do Executivo de Minas Gerais de 13/05/2008 e retificado em 20/05/2008

BRASIL. **Deliberação Normativa COPAM n.º 33, de 18 de Dezembro de 1998.** Dispõe sobre o esquadramento das águas da bacia do Rio Verde. Publicação no Diário do Executivo de Minas Gerais de 24/12/1998.

BRASIL. **Deliberação Normativa n.º 74, de 09 de setembro de 2004.** Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização e de licenciamento ambiental, e dá outras providências. Publicação no Diário do Executivo de Minas Gerais de 02/10/2004.

BRASIL. **Instrução Normativa Interministerial SEAP/MMA/MB/ANA/IBAMA n.º 06, de 31 de maio de 2004.** Estabelece as normas complementares para a autorização de uso dos espaços físicos em corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura, e dá outras providências.

BRASIL. **Lei Complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011.** Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. Publicado no DOU de 09/12/2011 e retificado em 12/12/2011.

BRASIL. **Lei nº 15.972, de 12 de janeiro de 2006.** Altera a estrutura orgânica dos órgãos e entidades da área de meio ambiente que especifica e a Lei nº 7.772, de 8 de setembro de 1980, que dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente, e dá outras providências. Publicação no Diário do Executivo de Minas Gerais de 13/01/2006.

BRASIL. **Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009.** Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei no 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei no 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências. Publicado no DOU de 30/06/2009 e retificado em 09/07/2009.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de setembro de 1996 e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Publicada no DOU de 28/05/2012.

BRASIL. **Lei nº 12.727 de 17 de outubro de 2012.** Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Publicada no DOU – Seção 1 de 18/10/2012, pág. 1.

BRASIL. **Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999.** Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Publicação no Diário do Executivo de Minas Gerais de 30/01/1999.

BRASIL. **Lei nº 14.181, de 17 de janeiro de 2002.** Dispõe sobre a política de proteção à fauna e à flora aquáticas e de desenvolvimento da pesca e da aquicultura no Estado e dá outras providências. Publicação no Diário do Executivo de Minas Gerais de 18/01/2002.

BRASIL. **Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013.** Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Publicação no Diário do Executivo de Minas Gerais de 17/10/2013.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Publicado no D.O.U de 02/09/1981.

BRASIL. **Lei nº 7.772, de 8 de setembro de 1980.** Dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente. Publicação no Diário do Executivo de Minas Gerais de 09/09/1980.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Publicado no DOU, de 09/01/1997.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura: Brasil 2010.** Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2012.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura: Brasil 2011.** Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2013.

BRASIL. **Portaria nº. 02, de 12 de janeiro de 2009.** Cria o Documento Autorizativo para Intervenção Ambiental - DAIA em substituição da Autorização para Exploração Florestal - APEF. Publicação no Diário do Executivo de Minas Gerais de 10/01/2009.

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 001, de 23 de janeiro de 1986.** Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Publicado no D.O.U. de 17/02/1986.

BRASIL. **Resolução CONAMA n° 237, de 19 de dezembro de 1997.** Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Publicada no D.O.U., de 22/12/1997.

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 413, de 26 de julho de 2009 .** Dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências. Publicado no D.O.U. de 30/06/2009.

BRASIL. **Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicada no D.O.U. n° 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

BRASIL. **Resolução CONAMA n° 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Publicada no D.O.U. n° 92, em 16/05/2011, pág. 89.

CARAMEL, B.P. *et al.* 2014. “Water Quality Assessment of Trout Farming Effluent, Bocaina, Brazil”, **Journal of Water Resource and Protection**, 6, pp 909-915. Disponível em: <<http://www.oalib.com/paper/3112168#.V73T-pgrLDc>>. Acessado em: 10/05/2016

CBH GRANDE – Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande (Brasil). **Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande.** Disponível em: <<http://www.grande.cbh.gov.br/GD1.aspx>>Acessado em: 04/06/2016.

COSTA, J. P. L da. 2003. **Ambientalismo e mundo rural em Itamonte – MG: reserva da biosfera.** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GARUTTI, V. 2003. **Piscicultura Ecológica.** 1 ed. São Paulo, Editora UNESP.

GOOGLE MAPS, 2016. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=31&dados=29>>. Acessado em: 04/06/2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal - 2014**. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2014_v42_br.pdf>. Acessado em: 04/06/2016.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. 2010. **Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Alto Rio Grande GD1**. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/mapoteca/Mapas/PNG/gd1-alto-rio-grande.png> . Acessado em: 04/06/2016.

ISMAEL, R. G.; PINTO, L.A.S. 2015. **Agroturismo na Serra da Mantiqueira**. Contextos da Alimentação – Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade Vol. 4 nº 1 – setembro de 2015, São Paulo: Centro Universitário Senac.

JARDIM, A. C. S. 2003. **Uso dos recursos naturais pelos produtores rurais da nascente do Rio Grande**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. 2005. **Tratamento de Esgotos domésticos**. 4ª ed., ISBN 854-905545-1-1 ,ABES – Associação Brasileira de Engenheiros Sanitaristas, 906p.

MEDEIROS, F.C., 2002. **Tanques Rede: mais tecnologia e lucro na piscicultura**. Centro América, Cuiabá, MT, Brasil.

MILLER, D.; SEMMENS, K. 2002. **Waste Management in Aquaculture**. West Virginia University Extension Service Publication No. AQ02-1. USA, 8 pp. Disponível em: <http://aquaculture.ext.wvu.edu/r/download/43721>. Acessado em: 03/07/2016.

MMA/ICMBio. 2012. “Encarte 2 – Análise Regional”, **Plano de Manejo do Parque Nacional do Itatiaia**, Brasília, 117 pp. Disponível em:

<http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/pm_parna_itatiaia_enc2.pdf>. Acessado em: 03/07/2016.

MORAES, M.A.B. *et al.* 2011. **Reduction in the environmental impact of waste discharged by fish through feed and feeding.** Reviews in Aquaculture, 3(1): 19-26.

MORAES, M.A.B. *et al.* 2015. “Balanço de massa diário de fósforo e nitrogênio em efluentes de setores de criação em truticultura”. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 27(3), pp 330-340. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X1415>>. Acessado em: 05/06/2016.

MORAES, M.A.B. *et al.* 2016. **Environmental indicators in effluent assessment of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in raceway system through phosphorus and nitrogen.** Braz. J. Biol. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bjb/2016nahead/1519-6984-bjb-1519-698407315.pdf>> Acessado em: 05/06/2016.

MORAES, M.A.B; CAMEL, B.P; CARMO, C.F. *et al.*, 2013 “Dinâmica do Fósforo em sistema intensivo de criação de trutas”. **XI Reunião Científica do Instituto de Pesca**, São Paulo, SP, Brasil, 8-10 Abril. Disponível em: <http://www.pesca.sp.gov.br/11recip2013/resumos/11a_ReCIP_R82_263-265.pdf> Acessado em: 04/06/2016.

NUNES, M.T.O. *et al.* 2013. **Variáveis condicionantes para a ocorrência de incêndios no Parque Nacional do Itatiaia.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR.

PÁEZ-OSUNA, F. *et al.* 1997. **Fluxes and mass balance of nutrients in a semi-intensive shrimp farm in Northwest México.** Mar. Poll. Bull.,34, pp 290-297.

PHILLIPS, D.J.H, 1991. **Selected trace elements and the use of biomonitors in subtropical and tropical marine ecosystems.** Rev. Environment Contamination and Toxicology nº120, 105-129.

PULATSU, S. *et al.* 2004. “The impact of rainbow trout farm effluents on water quality of Karasu stream, Turkey”. **Turkish Journal of Fishery and Aquatic Sciences** **4**, 09-15pp.

SANTOS, G. M. *et al.* 2014. “Impacto da exploração agropecuária na qualidade de águas naturais em região de triticultura no corredor ecológico da Mantiqueira”. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 36, n. 2, pp 175-180. Disponível em: <<http://revistas.bvs-vet.org.br/actascibiolsci/article/view/22615>>. Acesso em: 24/2016.

SANTOS, G.M. *et al.*, 2014. “Agricultural exploitation impact on the quality of natural waters in the trout-breeding region of the Mantiqueira ecological corridor”. In: **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 35, n. 1, p. 21-37. Disponível em: <<http://revistas.bvs-vet.org.br/actascibiolsci/article/view/22615/23423>>. Acesso em: 12/03/2016.

SCHULZ, C. *et al.* 2003. “Treatment of rainbow trout effluents in constructed wetland with emergent plants and subsurface horizontal water flow”. **Aquaculture**, 217, pp 207–221. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848602002041>>. Acessado em: 05/06/2016.

SEGADAS-VIANNA, F. 1965. **Ecology of the Itatiaia Range, Southeastern Brazil - Altitudinal Zonation of the Vegetation**. Arquivos do Museu Nacional, v. 53, p. 7- 30.

SETTI, A.A. 1996. **A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos**. IBAMA, Brasília. 344p.

SILVA, N.A. 2007. **Caracterização de impactos gerados pela piscicultura na qualidade da água: estudo de caso na bacia do rio Cuiabá**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT.

SPERLING, M.V. 1996. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ªed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG. 243p.

TABATA, Y.A., DA SILVA, J.M., 2012. “Boas Práticas na Truticultura”, **Projeto Dois Irmãos**, Valor Natural, 68pp, Itamonte, MG, Brasil.

THEODORO, S. H.; DUARTE, L. G.; VIANA, J. N. (2009). **Agroecologia: um novo caminho para extensão rural sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond. 236 p

TOMZHINSKI, G.W. 2012. **Análise Geoecológica dos Incêndios Florestais no Parque Nacional do Itatiaia**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

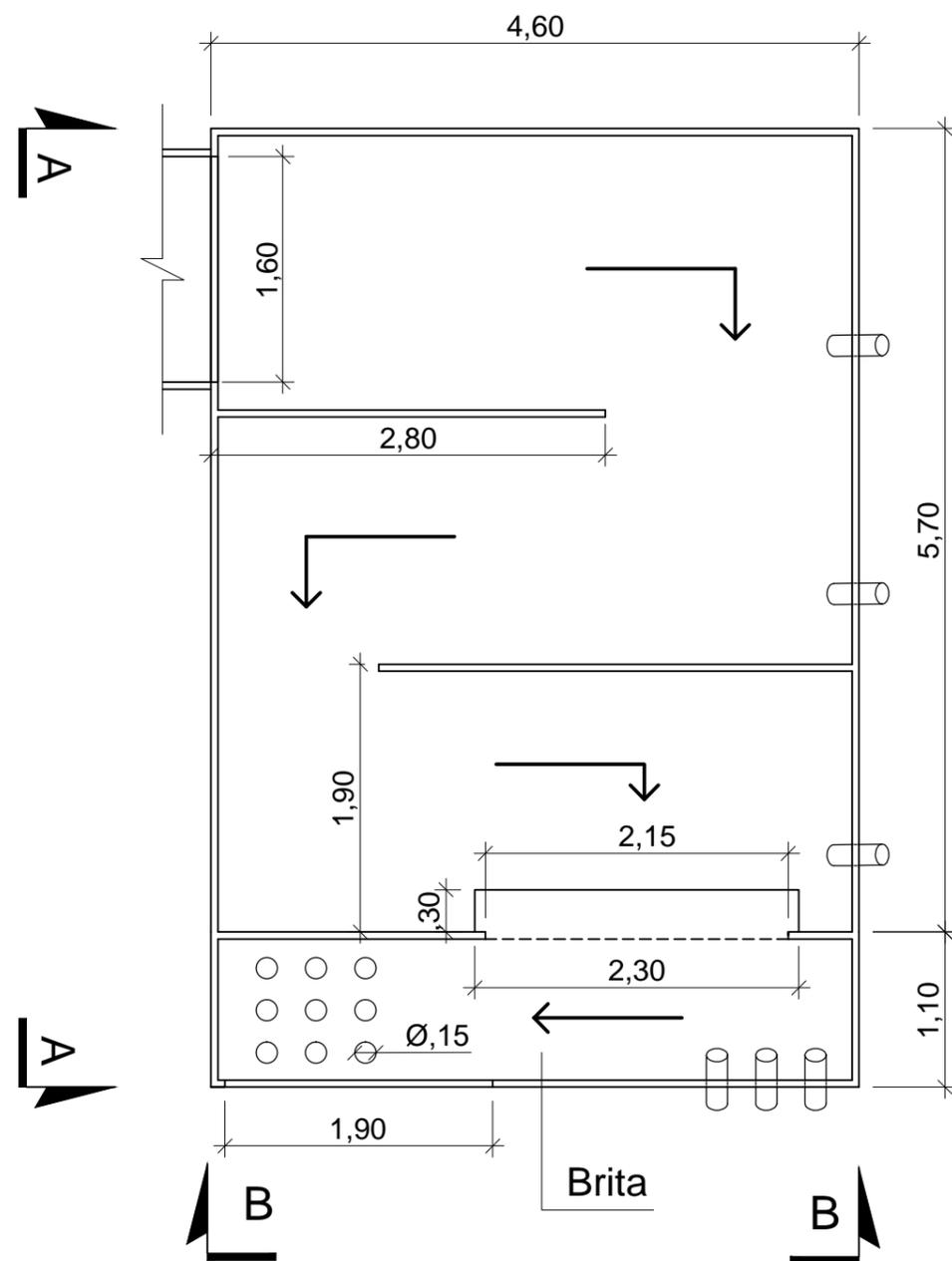
VALENTI, W. C. *et al.* 2000. **Aquicultura no Brasil: base para um desenvolvimento sustentável**. Brasília: CNPq / Ministério da Ciência e Tecnologia.

VIOLA, M.R. *et al.* 2009. “Modelagem hidrológica na bacia hidrográfica do Rio Aiuruoca, MG”. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.5, p.581–590. Campina Grande, Paraíba.

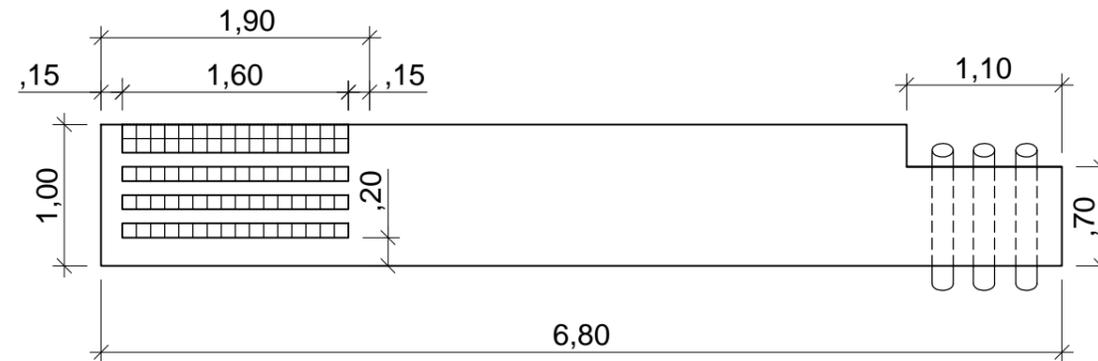
WOYNAROVICH, A.; HOITSY, G.; MOTH-POULSEN, T. “Small-scale rainbow trout farming”. **Fisheries and Aquaculture Technical Paper nº 561**, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 81pp, 2011, Roma, Itália.

ANEXO 1:

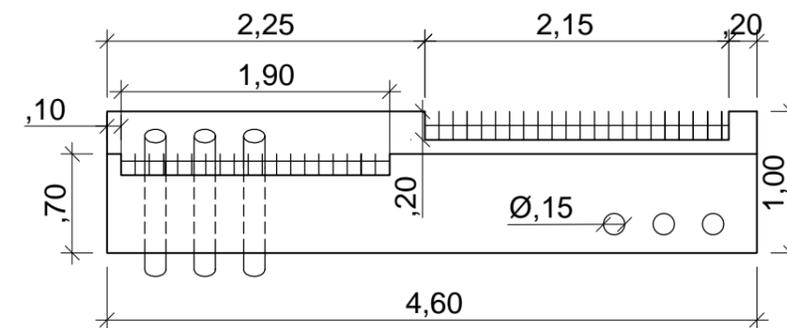
Planta Tanque de Decantação e Filtro Anaeróbico



1 PLANTA



2 VISTA A-A

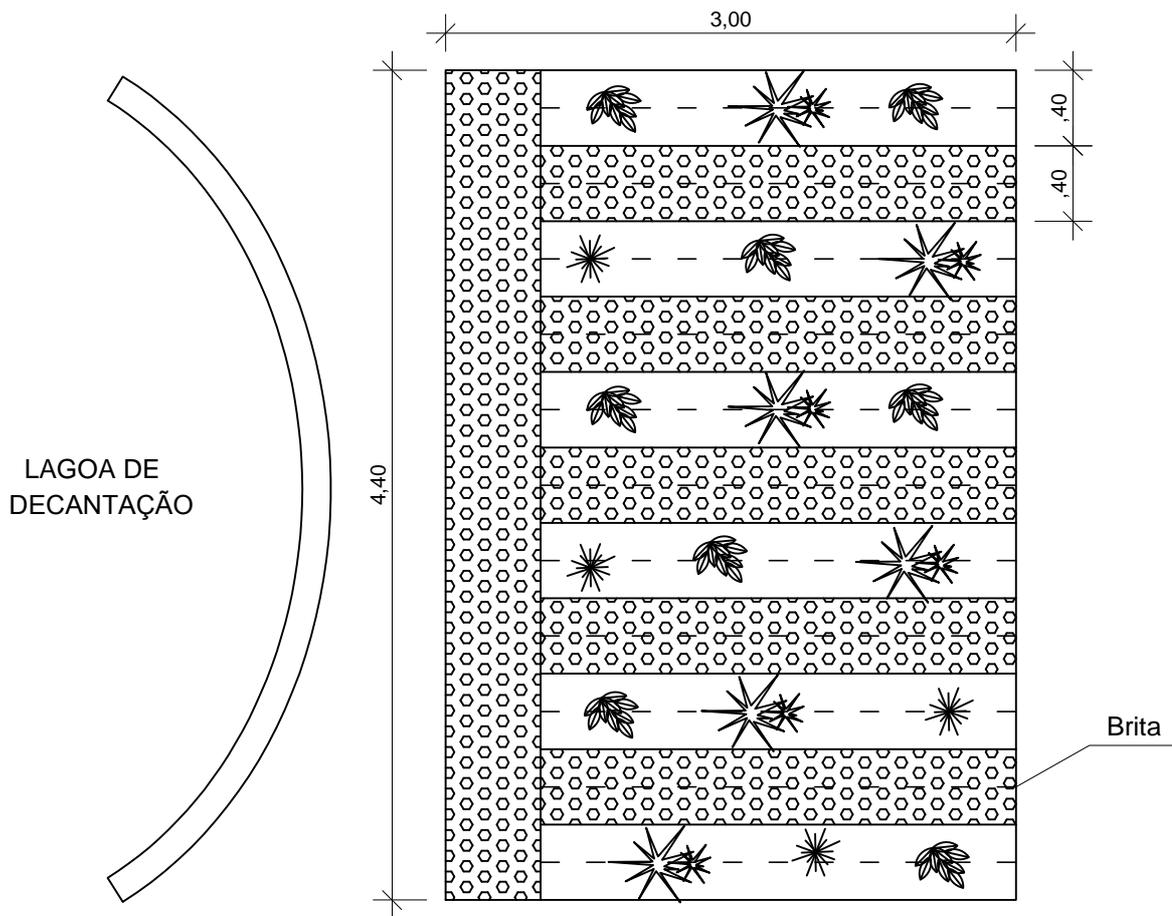


3 VISTA B-B

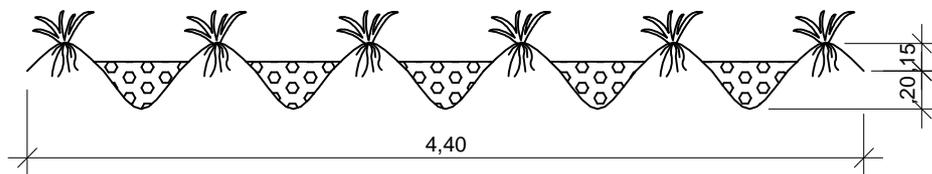
TÍTULO:	ANEXO 1: Tanque de Decantação e Filtro Anaeróbio		
ASSUNTO:	TRATAMENTO DE EFLUENTES DA TRUTICULTURA NA SERRA DA MANTIQUEIRA		
RESPONSÁVEL TÉCNICO:	ESCALA:	DATA:	FOLHA:
MARIANA TORRES LIMA	1:50	13/08/2016	01/01

ANEXO 2:

Planta de Adequação do Wetland



1 PLANTA



2 PERFIL

TÍTULO: ANEXO 2: Adequação Wetland

ASSUNTO: TRATAMENTO DE EFLUENTES DA TRUTICULTURA NA SERRA DA MANTIQUEIRA

RESPONSÁVEL TÉCNICO: MARIANA TORRES LIMA

ESCALA: 1:40

DATA: 13/08/2016

FOLHA: 01/01

ANEXO 3:

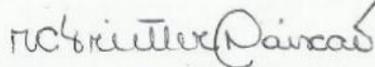
Laudos Laboratoriais



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPTO. DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE

Amostra		Mariana Torres Lima					
		Tratamento de Efluentes da Truticultura na Serra da Mantiqueira					
		06/06/2016	06/06/2016	06/06/2016	06/06/2016	06/06/2016	
Parâmetros	unidade	PA	P1	P2	P3	PD	
DQO	mg/L	109	Abaixo da faixa	Abaixo da faixa	nd	Abaixo da faixa	
DBO		nd	nd	nd	nd	nd	
NH4		6,656	6,847	5,782	6,073	5,894	
NTK		42,0	40,9	22,4	30,8	21,3	
Ortofosfato		Não executado	Não executado	Não executado	Não executado	Não executado	
ST		113,3	33,3	76,6	56,6	146,6	
STF		40	10	13,3	20	60	
STV		73,3	23,3	63,3	36,6	86,6	
SST		04	12	06	06	04	
SSF		00	02	00	02	02	
SSV		04	10	06	04	02	
SDT		109,3	21	70,6	50,6	142,6	
SDF		40	08	13,3	18	58	
SDV		69,3	13,3	57,3	32,6	84,6	
Sedimentáveis		ml/L	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
pH			-	-	-	-	-
Turbidez	FAU	10	13	09	15	09	
Cor	PtCo	41	49	38	48	35	

Obs.: **nd** = analisado, porém não detectado

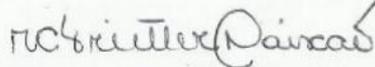

Maria Cristina Treitler Paixão
Bióloga Responsável Técnica
LEMA/DRHIMA/POLI/UFRJ
CRB:02942/02



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPTO. DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE

Amostra		Mariana Torres Lima				
		Tratamento de Efluentes da Truticultura na Serra da Mantiqueira				
		20/06/2016	20/06/2016	20/06/2016	20/06/2016	20/06/2016
Parâmetros	unidade	PA	P1	P2	P3	PD
DQO	mg/L	88	105	Abaixo da faixa	Abaixo da faixa	Abaixo da faixa
DBO		Não executado	Não executado	Não executado	Não executado	Não executado
NH4		nd	nd	nd	nd	nd
NTK		2,8	4,2	5,6	5,6	5,6
Ortofosfato		0,019	0,881	0,111	0,116	0,043
ST		82	86	72	60	87,3
STF		26,6	24	14,6	18,3	42
STV		55,4	62	57,4	41,7	45,3
SST		02	14	04	20	08
SSF		02	00	04	02	04
SSV		00	14	00	18	04
SDT		80	72	68	40	79,3
SDF		24,6	24	10,6	16,3	38
SDV		55,4	48	57,4	23,7	41,3
Sedimentáveis		ml/L	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
pH		6,5	6,5	6,3	6,2	6,5
Turbidez	FAU	06	42	11	06	05
Cor	PtCo	26	61	26	25	23

Obs.: **nd** = analisado, porém não detectado

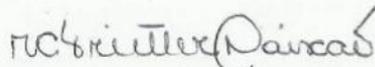

Maria Cristina Treitler Paixão
 Bióloga Responsável Técnica
 LEMA/DRHIMA/POLI/UFRJ
 CRB:02942/02



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPTO. DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE

Amostra		Mariana Torres Lima				
		Tratamento de Efluentes da Truticultura na Serra da Mantiqueira				
		04/07/2016	04/07/2016	04/07/2016	04/07/2016	04/07/2016
Parâmetros	unidade	PA	P1	P2	P3	PD
DQO	mg/L	Abaixo da faixa	425	Abaixo da faixa	Abaixo da faixa	Abaixo da faixa
DBO		nd	269,3	nd	nd	nd
NH4		nd	0,152	0,151	0,171	0,125
NTK		5,6	5,6	7,0	5,6	nd
Ortofosfato		0,002	2,436	0,139	0,116	0,155
ST		20	493,3	180	73,3	30
STF		6,6	123,3	173,3	46,6	16,6
STV		13,4	370	6,7	26,7	13,4
SST		00	195	14	10	12
SSF		00	57,5	10	08	10
SSV		00	137,5	04	02	02
SDT		20	298,3	166	59,3	18
SDF		6,6	65,8	163,3	38,6	6,6
SDV		13,4	232,5	2,7	24,7	11,4
Sedimentáveis		ml/L	≤ 1	06	≤ 1	≤ 1
pH		6,38	6,38	6,42	6,36	6,44
Turbidez	FAU	05	165	08	11	06
Cor	PtCo	17	664	30	31	30

Obs.: **nd** = analisado, porém não detectado

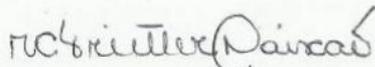

Maria Cristina Treitler Paixão
 Bióloga Responsável Técnica
 LEMA/DRHIMA/POLI/UFRJ
 CRB:02942/02



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPTO. DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE

Amostra		Mariana Torres Lima				
		Tratamento de Efluentes da Truticultura na Serra da Mantiqueira				
		10/07/2016	10/07/2016	10/07/2016	10/07/2016	10/07/2016
Parâmetros	unidade	PA	P1	P2	P3	PD
DQO	mg/L	875	Abaixo da faixa	Abaixo da faixa	Abaixo da faixa	nd
DBO		nd	-	-	-	-
NH4		nd	0,554	0,184	0,692	0,116
NTK		7,0	9,8	8,4	14,0	8,4
Ortofosfato		0,079	2,384	0,156	0,133	0,119
ST		13,3	343,3	40	20	273,3
STF		6,6	40	10	10	100
STV		6,7	303,3	30	10	173,3
SST		00	10	02	14	08
SSF		00	06	00	08	00
SSV		00	04	02	06	08
SDT		13,3	333,3	38	06	265,3
SDF		6,6	34	10	02	100
SDV		6,7	299,3	28	04	165,3
Sedimentáveis		ml/L	≤ 1	04	≤ 1	≤ 1
pH		6,62	6,48	6,53	6,46	6,40
Turbidez	FAU	02	299	01	03	01
Cor	PtCo	09	3.580	13	14	12

Obs.: **nd** = analisado, porém não detectado

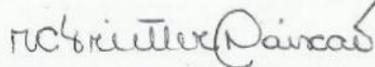

Maria Cristina Treitler Paixão
 Bióloga Responsável Técnica
 LEMA/DRHIMA/POLI/UFRJ
 CRB:02942/02



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPTO. DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE

Amostra		Mariana Torres Lima				
		Tratamento de Efluentes da Truticultura na Serra da Mantiqueira				
		26/07/2016	26/07/2016	26/07/2016	26/07/2016	26/07/2016
Parâmetros	unidade	PA	P1	P2	P3	PD
DQO	mg/L	Abaixo da faixa	956	Abaixo da faixa	Abaixo da faixa	Abaixo da faixa
DBO		Não executado		Não executado	Não executado	Não executado
NO ₃ ⁻		0,7	1,7	0,5	0,4	0,5
NH ₄		nd	0,789	0,173	0,173	nd
NTK		8,4	4,2	4,2	2,8	2,8
Ortofosfato		0,003	1,713	0,620	0,118	0,043
ST		163,3	1.756,6	48	176,6	156,6
STF		56,6	546,6	10	53,3	20
STV		106,7	1.210	38	123,3	136,6
SST		08	1.476,6	40	10	02
SSF		04	336,6	08	00	00
SSV		04	1.140	32	10	02
SDT		155,3	280	08	166,6	154,6
SDF		52,6	210	02	53,3	20
SDV		102,7	70	06	113,3	134,6
Sedimentáveis		ml/L	≤ 1	06	≤ 1	≤ 1
pH		6,41	6,42	6,48	6,42	6,42
Turbidez	FAU	04	155	12	06	05
Cor	PtCo	09	536	42	17	13

Obs.: **nd** = analisado, porém não detectado

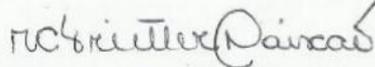

Maria Cristina Treitler Paixão
 Bióloga Responsável Técnica
 LEMA/DRHIMA/POLI/UFRJ
 CRB:02942/02



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPTO. DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE

Amostra		Mariana Torres Lima					
		Tratamento de Efluentes da Truticultura na Serra da Mantiqueira					
		29/08/2016	29/08/2016	29/08/2016	29/08/2016	29/08/2016	
Parâmetros	unidade	PA	P1	P2	P3	PD	
DQO	mg/L	Abaixo da faixa	100	Abaixo da faixa	Abaixo da faixa	Abaixo da faixa	
DBO		-	52,4	-	-	-	
NH4		nd	nd	0,261	0,270	nd	
NTK		2,8	2,8	4,2	2,8	9,8	
Ortofosfato		0,002	1,034	0,122	0,101	0,016	
ST		36,6	76,6	26,6	30	26,6	
STF		20	33,3	6,6	6,6	10	
STV		16,6	43,3	20	23,4	16,6	
SST		04	52	02	04	04	
SSF		02	24	00	00	00	
SSV		02	28	02	04	04	
SDT		32,6	24,6	24,6	26	22,6	
SDF		18	09,3	6,6	6,6	10	
SDV		14,6	15,3	18	19,4	12,6	
Sedimentáveis		ml/L	≤ 1	02	≤ 1	≤ 1	≤ 1
pH			6,36	6,38	6,36	6,40	6,36
Turbidez		FAU	00	14	04	04	01
Cor	PtCo	07	135	10	14	03	

Obs.: **nd** = analisado, porém não detectado

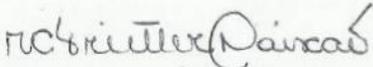

Maria Cristina Treitler Paixão
 Bióloga Responsável Técnica
 LEMA/DRHIMA/POLI/UFRJ
 CRB:02942/02



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPTO. DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE

METODOLOGIAS UTILIZADAS

Cor - Método: 8025 (APHA - Platinun-Cobalt Standard Method) - HACH
DQO - Método: 5.220 D - Refluxo Fechado - Colorimétrico - SMEWW - 20^o Edição
DBO - Método : 5.210 B - Método das Diluições - SMEWW - 20^o Edição
Nitrato (NO₃⁻) - Método : 8171 - Cadmiun Reduction Method (0 - 4,5 mg/L) - HACH
N. Amoniacal (NH₄) - Método: 4.500 NH₃ F - Indofenol - SMEWW - 20^o Edição
N. Kjeldahl (NTK) - Método: 4.500 N_{org} - C - Digestão/Destilação/Titulação - SMEWW - 20^o Edição
Ortofosfato - Método: 4.500 P - E - Ácido Ascórbico - SMEWW - 20^o Edição
pH - Método: 4.500 - B - Potenciométrico - SMEWW - 20^o Edição
Sólidos Totais (ST) - Método: 2.540 - B - Gravimétrico - SMEWW - 20^o Edição
Sólidos Totais Fixos (STF)- Método: 2.540 - B - Gravimétrico - SMEWW - 20^o Edição
Sólidos Totais Voláteis (STV) - Método: 2.540 - B - Gravimétrico - SMEWW - 20^o Edição
Sólidos Suspensos Totais (SST) - Método: 2.540 - D - Gravimétrico - SMEWW - 20^o Edição
Sólidos Suspensos Fixos (SSF) - Método: 2.540 - D - Gravimétrico - SMEWW - 20^o Edição
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) - Método: 2.540 - D - Gravimétrico - SMEWW - 20^o Edição
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) - Método: 2.540 - C - Gravimétrico - SMEWW - 20^o Edição
Sólidos Dissolvidos Fixos (SDF) - Método: 2.540 - C - Gravimétrico - SMEWW - 20^o Edição
Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV) - Método: 2.540 - C - Gravimétrico - SMEWW - 20^o Edição
Sólidos Sedimentáveis - Método: 2.540 - F - Cone de Inmhoff - SMEWW - 20^o Edição
Turbidez - Método: 8237 (Attenuated Radiation Method - direct reading) - HACH


Maria Cristina Treitler Paixão
Bióloga Responsável Técnica
LEMA/DRHIMA/POLI/UFRJ
CRB:02942/02

C.T. Bloco D 121- Cidade Universitária – Ilha do Fundão
Telefones: 3938-7980 e 3938-7981
lema@poli.ufrj.br